



MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII  
**UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIESTI**

B-dul. București nr. 39, 100680 Ploiești - România  
www.upg-ploiesti.ro  
Telefon +40 244 573 171 Fax +40 244 575 847



INSTITUȚIA ORGANIZATOARE DE STUDII UNIVERSITARE DE DOCTORAT  
UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIESTI  
DOMENIUL FUNDAMENTAL – ȘTIINȚE INGINEREȘTI  
DOMENIUL DE DOCTORAT – MINE, PETROL, GAZE

**TEZĂ DE DOCTORAT**  
CONTRIBUȚII LA CREȘTEREA EFICIENȚEI ENERGETICE  
A RECUPERĂRII TERMICE A PETROLULUI CU  
AJUTORUL METODELOR MODERNE DE EVALUARE A  
MODELULUI GEOLOGIC

**- REZUMAT -**

**Autor:** ING.NICOLETA MIHAELA IONESCU (GOIDESCU)

**Conducător științific:** PROF.UNIV. DR. ING IULIAN NISTOR

**Ploiești 2020**



INSTITUȚIA ORGANIZATOARE DE STUDII UNIVERSITARE DE  
DOCTORAT UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIESTI  
DOMENIUL FUNDAMENTAL – ȘTIINȚE INGINEREȘTI  
DOMENIUL DE DOCTORAT – MINE, PETROL, GAZE

**TEZĂ DE DOCTORAT**  
CONTRIBUȚII LA CREȘTEREA EFICIENȚEI ENERGETICE  
A RECUPERĂRII TERMICE A PETROLULUI CU  
AJUTORUL METODELOR MODERNE DE EVALUARE A  
MODELULUI GEOLOGIC

THE CONTRIBUTION TO INCREASING THE ENERGY  
EFFICIENCY OF THERMAL OIL RECOVERY USING  
MODERN METHODS OF EVALUATING THE  
GEOLOGICAL MODEL

**- ABSTRACT -**

**Autor:** ING.NICOLETA MIHAELA IONESCU (GOIDESCU)

**Conducător științific:** PROF.UNIV. DR. ING IULIAN NISTOR

Nr. Decizie  din

**Comisia de doctorat:**

Președinte		de la	
Conducător științific	Prof.Univ.Dr. Ing Iulian Nistor	de la	UPG PLOIESTI
Referent oficial		de la	
Referent oficial		de la	
Referent oficial		de la	

## REZUMAT

Urmărirea și dezvoltarea unui zăcământ de petrol, este o sarcină grea și presupune o abordare multidisciplinară prin aplicarea cunoștințelor, instrumentelor, tehnicilor specifice unui proiect. Orice proiect va avea întotdeauna scopuri și cerințe bine definite, etapizate în timp și vor ține cont de analizele de cost și calitate.

Se pot întâlni des situații când sunt constatate deficiențe în cadrul exploatării de hidrocarburi datorate descrierii neadecvate a hidrocarburilor. Estimarea volumelor inițiale și a rezervelor de hidrocarburi reprezintă o analiză complexă care depinde de cantitatea și calitatea datelor, de experiența și implicarea fiecărui membru al echipei multidisciplinare, dar și de un management al timpului și al incertitudinilor foarte bine fundamentat. Începând cu anii '80 au început să fie folosite metodele moderne de descriere a zăcămintelor.

Inginerii din industria de petrol sunt provocați continuu pentru a dezvolta strategii noi și a intensifica recuperarea hidrocarburilor. Recuperarea avansată va fi una din soluțiile viitorului. Estimarea volumelor inițiale de hidrocarburi și a rezervelor reprezintă o analiză complexă care depinde de cantitatea și calitatea datelor, de experiența și implicarea fiecărui membru al echipei multidisciplinare, dar și de un management al timpului foarte bine fundamentat.

Prezenta teză de doctorat aduce contribuții originale în două specialități ale domeniului petrol și gaze, strâns relaționate: geologie și inginerie de zăcământ. Lucrarea, deschide prin finalizarea ei, noi direcții de cercetare pentru specialiștii din petrol, care doresc să continue aceste lucrări teoretice și experimentale.

*Principalele contribuții ale acestei teze sunt:*

- Actualizarea aplicabilității metodelor termice pentru diferite tipuri de zăcăminte, în funcție de caracterizarea geologică și heterogenitatea zăcământului.
- Caracterizarea proprietăților termice și fizice privind descrierea rezervorului, utile în luarea deciziei privind aplicabilitatea uneia din metodele termice.
- Elaborarea matricelor de lucru privind construcția modelului static funcție de volumul și complexitatea datelor, experiența interpretatorului. Modelele statice stau la baza tuturor viitoarelor modele de simulare utilizate în metodele termice.
- Au fost introduse pentru măsurarea conductivității termice, două medii solide cu proprietăți diferite: nisipul cuarțos de Văleni și nisipurile bituminoase de Derna.

- În efectuarea cercetărilor experimentale s-a urmărit variația temperaturilor funcție de timp și densitatea țițeiului, pentru diferite tipuri ale densităților de țiței: ușoare, medii, grele ( 800/850/910/0/980 kg/m<sup>3</sup>)
- S-a conceput o metodă originală de prezentare a corelărilor dintre densitatea petrolului și timpul de parcurs al fluxului termic, sugerând eficiența transferului pentru diferite cazuri. Aceste corelări au fost prezentate pentru prima dată tridimensional cu ajutorul programului AUTOCAD.
- Au fost trasate diagrame ternare funcție de gradientul de temperatură și timpul parcurs al fluxului termic liniar în interiorul minicelulei termice . Aceste diagrame putând fi folosite la modelarea transferului de căldură pentru diferite scenarii . (diferite tipuri de roci și densități ale țițeiurilor)
- Plecând de la ideea minicelulei de transfer termic cu o lungime de 27 cm și aproximând timpul de transmitere a căldurii de la un capăt la celălalt al celulei, a fost concepută o metodă liniară de transfer de căldură. Astfel ar putea fi aproximat timpul de transmitere a agentului termic de la o sondă de injecție la o sondă de reacție. Acest lucru fiind util în proiectarea viitoare a unui proces termic ținând cont de tipul rocii rezervor și proprietățile fluidului injectat.
- Au fost executate diferite calcule matematice pentru conductivitatea termică, în care au fost folosite diferite valori ale saturației în apă (20%, 30%, 40%). Cu acest lucru urmărindu-se a se demonstra saturația optimă care influențează creșterea conductivității termice pentru eficiența unui proces termic.
- Dintre proprietățile termice pentru țiței, apă și rocă cele mai importante sunt căldura specifică și conductivitatea termică. În cazul țițeiurilor, conductivitatea termică scade odată cu creșterea temperaturii, iar autoarea și-a propus să evidențieze variația conductivității în funcție de tipul țițeiului (ușor, mediu, greu) și diferite valori ale saturației în apă.
- Exploatarea prin metode termice a zăcămintelor oferă un potențial deosebit, determinat de un schimb de căldura intens între agentul termic și zăcământ. Efectul căldurii asupra țițeiului greu și vâscos este foarte important. Aplicând aceste metode devine posibilă exploatarea primară a zăcămintelor de țiței greu și/sau vâscos și a nisipurilor bituminoase.

Teza este structurată în șapte capitole care cuprind atât introducerea unor noțiuni teoretice legate de domeniul abordat, cât și partea experimentală și de software.

**Capitolul 1**, debutează cu actualizarea cercetărilor privind domeniul de cercetare abordat, atât privind descrierea modelului de zăcământ cât și pentru prezentarea metodelor posibile.

În **capitolul 2**, vor fi succint prezentate procesele de exploatare prin metode termice, referindu-ne la deplasarea fluidelor calde. În urma descrierii acestora, a analizei privind criteriile de aplicare pentru diferite zăcăminte, a fost posibil evidențierea caracteristicilor esențiale ale metodelor termice.

**Capitolul 3**, include caracterizarea proprietăților termice: conductivitatea termică, capacitatea calorică, difuzivitatea, densitatea, coeficienții termodinamici. Pentru fluidele și solidele care alcătuiesc zăcământul sunt prezentate diferite valori și variații.

Acceptând zăcământul ca un sistem termodinamic heterogen, în **Capitolul 4** au fost detaliate ideile privind caracterizarea geologică, continuitatea verticală și orizontală, proprietățile fizice ale acestuia și modelarea acestora. În continuare a fost descris procesul prin care se poate vizualiza cât mai bine zăcământul, construcția modelului static. Pentru o mai bună desfășurare a proiectelor, autoarea propune diferite matrici de elaborare a modelului depozițional, petrofizic și al incertitudinilor. Acestea pot ajuta la definirea timpului privind execuția unui model static cât mai detaliat în funcție de timpul acordat, datele inițiale existente și experiența utilizatorului.

Cercetările teoretice și experimentale privind determinarea conductivității termice pentru două probe de nisip (nisip cuarțos de Văleni, nisip bituminos Derna) și țiteiuri cu densități diferite (densitate mică, medie, mare) sunt prezentate în **Capitolul 5**.

**Capitolul 6**, prezintă contribuțiile autoarei în urma cercetărilor teoretice și experimentale în ceea ce privește aspectele practice de construcție a modelului static în planificarea viitoare a metodelor terțiare.

În **capitolul 7**, vor fi prezentate concluziile și propunerile evidențiate în urma întregii activități desfășurate pentru întocmirea acestei lucrări.

## CUPRINS

INTRODUCERE	3
CAPITOLUL 1 STADIUL ACTUAL AL CERCETARILOR	7
1.1 Cadrul theoretic și cercetări anterioare	7
1.2 Aplicabilitatea metodelor termice	12
1.3 Etapa informatică	19
CAPITOLUL 2 METODE TERMICE	22
2.1 Injecția de abur	22
2.1.1 Injecția ciclică de abur	23
2.1.2 Injecția continuă de abur	24
2.1.3 Criteriile de selecție pentru aplicarea injecției de abur	28
2.1.4 Echipamente utilizate în injecția de apă	28
2.2 Combustie subterană	31
2.2.1 Generalități	31
2.2.2 Combustie uscată	33
2.2.3 Combustie umedă	34
2.2.4 Criterii de selecție a zăcămintelor pentru un proces de combustie	35
2.2.5 Echipamente utilizate în combustie	39
2.3 Perspectivelor metodelor de recuperare secundară în România	42
CAPITOLUL 3 TRANSFERUL DE CĂLDURĂ ÎN MEDIUL POROS PERMEABIL, PROPIETĂȚI TERMICE	45
3.1 Zăcămintul – Sistem accumulator de energie	45
3.2 Transferul de căldură în mediul poros	47
3.2.1 Capacitatea calorică	47
3.2.2 Conductivitatea termică	49
3.2.3 Difuzivitatea termică	54
3.2.4 Densitatea	55
3.2.5 Coeficienți termodinamici	56
CAPITOLUL 4 MODELUL STATIC ÎN DEFINIREA REZERVORULUI	58
4.1 Caracterizarea geologică, continuitatea lateral și verticală	58
4.2 Heterogenitatea zăcămintului	61
4.3 Proprietățile fizice ale rocilor și modelarea acestora	66
4.4 Vizualizarea zăcămintului- Modelul Sattic	71
4.5 Incertitudini și riscuri în activitățile geologice	98
4.6 Conceptul general de manevrare a incertitudinilor geologice	100
4.7 Metode tradiționale de evaluare în geologie	102
	107

CAPITOLUL 5 PROIECTAREA ȘI CONSTRUCȚIA STANDULUI PENTRU CERCETĂRI EXPERIMENTALE	
5.1 Obiectivele cercetării experimentale	107
5.2 Echipament experimental și condițiile de efectuare	110
5.3 Metoda experimentului și procedură de execuție	111
5.4 Metodica cercetărilor	112
5.5 Rezultate și Discuții	120
 CAPITOLUL 6 CONTRIBUȚII PROPRII	 135
 CAPITOLUL 7 CONCLUZII ȘI PROPUNERI ÎN DIRECȚIA CERCETĂRII	 137
 BIBLIOGRAFIE	 140
 LISTA TABELOR DIN TEXT	 150
 LISTA ANEXE	 151
 LISTA LUCRARI PUBLICATE	 159

## ABSTRACT

Tracking and developing an oil reservoir is a difficult task and it requires a multidisciplinary approach by applying the knowledge, the tools and the specific techniques required for a project. Any project will always have well-defined goals and requirements, staged over time and taking into account cost analysis and quality.

Situations can often be encountered when deficiencies are found in the exploitation of hydrocarbons due to the inadequate description of hydrocarbons. Estimating initial volumes and hydrocarbon reserves is a complex analysis that depends on the quantity and quality of the data, the experience and involvement of each team player. Modern methods of describing deposits started to be used in the 1980s.

Oil industry engineers are constantly challenged to develop new strategies and intensify hydrocarbon recovery. Advanced oil recovery will be one of the solutions in the future. Estimating initial volumes of hydrocarbons and reserves is a complex analysis that depends on the quantity and quality of data, experience and the involvement of each team player, but also good time management.

This thesis highlights original contributions in the two closely related specialties of the oil and gas field: geology and field engineering. The work opens with its completion, new research directions for oil specialists, who want to continue these theoretical and experimental works.

*The main contributions of this thesis are:*

- Updating the application of thermal methods for different types of deposits, depending on the geological characteristics and heterogeneity of the deposit.
- Characterising thermal and physical properties regarding the description of the tank, which it's useful in making the decision on the application of one of the thermal methods.
- Elaboration of working matrices regarding the construction of the static model depending on the volume and complexity of the data, the experience of the interpreter. Static models are the basis of all future simulation models used in thermal methods.
- Two solid media with different properties were introduced to measure the thermal conductivity: quartz sand from Văleni and bituminous sands from Derna.
- In conducting experimental research, the variation of temperatures for different types of crude oil densities was followed: small, medium, high (0.80 / 0.85 / 0.91 / 0.98)
- An original method was designed for determining the 2D graphs of temperature variation, using the Autocad program. rtr
- Ternary diagrams were drawn depending on the initial, final temperature and the time elapsed between the final and the initial temperature. These diagrams further suggest different areas of variability depending on the density of crude oil in the deposits.



- Starting from the idea of the mini-combustion cell with a length of 27 cm and approximating the heat transmission time from one end to the other, it is possible to calculate the transmission time of the thermal agent from an injection probe to a reaction probe. This is useful in the future design of a thermal process taking into account the type of reservoir rock and the properties of the injected fluid.
- Different mathematical calculations were performed for thermal conductivity, using different values of water saturation (20%, 30%, 40%). This aimed to show the optimal saturation that has an impact on the thermal conductivity increase for assuring the efficiency of a thermal process.
- Among the thermal properties of crude oil, water and rock, specific heat and thermal conductivity are equally important. In the case of crude oil, the thermal conductivity decreases with increasing temperature, and the author aims to highlight the variation of conductivity depending on the type of crude oil and different values of water saturation.
- The exploitation by thermal methods of the deposits offers an outstanding potential, determined by the intense heat exchange between the thermal agent and the deposit. The effect of heat on the heavy and viscous crude oil is important. By applying these methods, it allows to exploit the primary deposits of heavy and /or viscous oil sands.

The thesis is structured in seven chapters that include both the introduction of theoretical notions related to the field, as well as the experimental and software part.

**Chapter 1** commences with the update of research field approached, as well as both on the description of the deposit model and the presentation of possible methods.

**Chapter 2**, the operating processes by thermal methods will be briefly presented, referring to the movement of hot fluids. Following their description, the analysis of the application criteria for different deposits, it was possible to highlight the essential characteristics of thermal methods.

**Chapter 3** includes the characterization of thermal properties: thermal conductivity, calorific capacity, diffusion, density and thermodynamic coefficients. There are different values and variations for all the fluids and solids that make up the oil reservoir.

Interpreting the deposit as a heterogeneous thermodynamic system, in **Chapter 4** the ideas on geological characterization were developed, as well as the vertical and horizontal continuity, its physical properties and their static model. For a better development of projects, the author proposes different matrices for the elaboration of the depositional, petrophysical model and the uncertainties. They can help to define the execution time of a static model in as much detail as possible, based on the time given, the existing initial data and the user experience.

The theoretical and experimental research on determining the thermal conductivity for two sand samples (Văleni quartz sand, Derna bituminous sand) and crude oil with different densities (low, medium, high density) are presented in *Chapter 5*.

*Chapter 6* portrays the author's contributions following the theoretical and experimental research, based on the practical aspects of the static model in the future planning of tertiary methods.

In *Chapter 7*, the conclusions and proposals highlighted were drawn after the entire activity was carried out, which were essential for carrying out this work piece.

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	3
	7
CHAPTER 1 = CURRENT STAGE OF RESEARCH	
1.1 Application of thermal methods	7
1.2 IT stage –achievement and promises	12
CHAPTER 2 = THERMAL METHODS	19
2.1 Steam injection	22
2.1.1 Ciclic steam injection	23
2.1.2 Continuous steam injection	24
2.1.3 Selection criteria for the application of the steam injection process	28
2.1.4 Equipment use in water injection	28
2.2 Internal combustion	31
2.2.1 Generals	31
2.2.2 Dry Combustion	33
2.2.3 Wet Combustion	34
2.2.4 Selecting the criteria of the deposits for combustion process	35
2.2.5 Equipment used in combustion	39
2.3 Perspectives of secondary recovery methods in Romania	42
CHAPTER 3 HEAT TRANSFER IN A POROUS ENVIRONMENT	45
3.1 Field energy storage system	45
3.2 Heat transfer in the porous environment	47
3.2.1 Caloric capacity	47
3.2.2 Thermal conductivity	49
3.2.3 Thermal diffusion	54
3.2.4 Density	55
3.2.5 Thermodynamic coefficients	56
CHAPTER 4 THE ROLE OF THE STATIC MODEL IN DEFINING THE ARCHITECTURE OF THE OIL RESERVOIR	58
4.1 Geological characterization, lateral and vertical continuity of the deposit	58
4.2 Heterogeneity of the deposit	61
4.3 Physical properties of the rock and their modeling	66
4.4 Field visualization, static model	71
4.5 Uncertainties and risks in geological activities	98
4.6 The general concept of geological uncertainties	100
4.7 Traditional methods of evaluation in geology	102

CHAPTER 5: DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE STAND FOR EXPERIMENTAL RESEARCH	107
5.1 The objectives of the experimental research	107
5.2 Experimental equipment and performance conditions	110
5.3 Experimental methods and execution procedures	111
5.4 Research methodology	112
5.5 Results and discussions	120
5.6 Mathematical calculations regarding the thermal conductivity	132
CHAPTER 6 OWN CONTRIBUTIONS	132
CHAPTER 7 CONCLUSIONS AND PROPOSALS IN THE DIRECTION OF RESEARCH	137
BIBLIOGRAPHY	140
LIST OF TEXT TABLES	150
LIST OF ANNEXES (1-6)	151
LIST OF PUBLISHED WORKS	159

## Résumé

Poursuivre et développer un champ pétrolifère est une tâche difficile et il nécessite une approche multidisciplinaire en appliquant les connaissances, des outils et des techniques spécifiques à un projet. Tout projet aura toujours des objectifs et des exigences bien définis, échelonnés dans le temps et prendra en compte l'analyse des coûts.

Des situations peuvent souvent être rencontrées lorsque des carences sont constatées dans l'exploitation des hydrocarbures en raison d'une description inadéquate des hydrocarbures. L'estimation des volumes initiaux et des réserves d'hydrocarbures est une analyse complexe qui dépend de la quantité et de la qualité des données, de l'expérience et de l'implication de chaque membre de l'équipe multidisciplinaire, mais aussi d'une gestion du temps et des incertitudes très bien fondée. Les méthodes modernes de description des gisements ont commencé à être utilisées dans les années 1980.

Les ingénieurs de l'industrie pétrolière sont constamment mis au défi d'élaborer de nouvelles stratégies et d'intensifier la récupération des hydrocarbures. La récupération avancée sera l'une des solutions du futur. L'estimation des volumes initiaux d'hydrocarbures et de réserves est une analyse complexe qui dépend de la quantité et de la qualité des données, de l'expérience et l'implication de chaque membre de l'équipe multidisciplinaire, mais aussi d'une gestion du temps très bien fondée.

Cette thèse de doctorat apporte des contributions originales dans deux spécialités du domaine pétrolier et gazier étroitement liées: la géologie et l'ingénierie de terrain. Le travail s'ouvre avec son achèvement, de nouvelles orientations de recherche pour les spécialistes du pétrole, qui souhaitent poursuivre ces travaux théoriques et expérimentaux.

### *Les principales contributions de cette thèse sont:*

- Actualiser l'applicabilité des méthodes thermiques pour différents types de gisements, en fonction de la caractérisation géologique et de l'hétérogénéité du gisement.
- Caractérisation des propriétés thermiques et physiques concernant la description du réservoir, utile pour prendre la décision sur l'applicabilité d'une des méthodes thermiques.
- Elaboration de matrices de travail concernant la construction du modèle statique en fonction du volume et de la complexité des données, l'expérience de l'interprète Les modèles statiques sont à la base de tous les futurs modèles de simulation utilisés en méthodes thermiques.
- Deux milieux solides aux propriétés différentes ont été introduits pour mesurer la conductivité thermique: le sable de quartz de Văleni et les sables bitumineux de Derna.
- Lors de la recherche expérimentale, la variation des températures pour différents types de densités de pétrole brut a été suivie: petite, moyenne, élevée (0,80 / 0,85 / 0,91 / 0,98)

- Une méthode originale a été conçue pour déterminer les graphiques 2D de variation de température, à l'aide du programme Autocad.
- Les diagrammes ternaires ont été dessinés en fonction de la température initiale, finale et du temps écoulé entre la température finale et la température initiale. Ces diagrammes suggèrent en outre différentes zones de variabilité en fonction de la densité de pétrole brut dans les gisements.
- En partant de l'idée de la mini-cellule de combustion d'une longueur de 27 cm et en se rapprochant du temps de transmission thermique d'un bout à l'autre, il est possible de calculer le temps de transmission de l'agent thermique d'une sonde d'injection à une sonde de réaction. Ceci est utile dans la conception future d'un procédé thermique en tenant compte du type de roche réservoir et des propriétés du fluide injecté.
- Différents calculs mathématiques ont été effectués pour la conductivité thermique, dans lesquels différentes valeurs de saturation en eau ont été utilisées (20%, 30%, 40%). Cela vise à démontrer la saturation optimale qui influence l'augmentation de la conductivité.
- Parmi les propriétés thermiques du pétrole brut, de l'eau et de la roche, les autres plus importantes sont la chaleur spécifique et la conductivité thermique. Dans le cas du pétrole brut, la conductivité thermique diminue avec l'augmentation de la température, et l'auteur vise à mettre en évidence la variation de conductivité en fonction du type de pétrole brut et différentes valeurs de saturation en eau. thermique pour l'efficacité d'un processus thermique.
- L'exploitation thermique des gisements offre un potentiel particulier, déterminé par un échange thermique intense entre l'agent thermique et le gisement. L'effet de la chaleur sur le pétrole brut lourd et visqueux est très important. ou des sables bitumineux visqueux.

La thèse est structurée en sept chapitres qui comprennent à la fois l'introduction de notions théoriques liées au domaine, ainsi que la partie expérimentale et logicielle.

Le *chapitre 1* débute par la mise à jour des recherches sur le domaine de recherche abordé, tant sur la description du modèle de gisement que sur la présentation des méthodes possibles.

Dans le *chapitre 2*, les processus de fonctionnement par méthodes thermiques seront brièvement présentés, en référence au mouvement des fluides chauds. Suite à leur description, à l'analyse des critères d'application pour différents gisements, il a été possible de mettre en évidence les caractéristiques essentielles des méthodes thermiques.

Le *chapitre 3* comprend la caractérisation des propriétés thermiques: conductivité thermique, pouvoir calorifique, diffusivité, densité, coefficients thermodynamiques Pour les fluides et solides qui composent le gisement sont présentées différentes valeurs et variations.

Acceptant le gisement comme un système thermodynamique hétérogène, au *chapitre 4* ont été détaillés les idées sur la caractérisation géologique, la continuité verticale et horizontale, ses propriétés physiques et leur modélisation. statique. Pour un meilleur développement des

projets, l'auteur propose différentes matrices pour l'élaboration du modèle de dépôt, pétrophysique et des incertitudes. Ils peuvent aider à définir le temps d'exécution d'un modèle statique aussi détaillé que possible en fonction du temps donné, des données initiales existantes et de l'expérience utilisateur.

Des recherches théoriques et expérimentales sur la détermination de la conductivité thermique de deux échantillons de sable (sable de quartz de Văleni, sable bitumineux de Derna) et de pétrole brut de différentes densités (faible, moyenne, haute densité) sont présentées au *chapitre 5*.

Le *chapitre 6* présente les contributions de l'auteur suite aux recherches théoriques et expérimentales sur les aspects pratiques de la construction du modèle statique dans la planification future des méthodes tertiaires.

Dans le *chapitre 7*, les conclusions et propositions mises en évidence suite à l'ensemble de l'activité menée pour la préparation de ce document seront présentées.

## CONTENU

INTRODUCTION	3
CHAPITRE 1 ÉTAPE ACTUELLE DE LA RECHERCHE	7
1.1 Cadre theorique et recherche precedente	7
1.2 Applicabilité des méthodes thermiques	12
1.3 Etape informatique - réalisations et promesses	19
CHAPITRE 2 MÉTHODES THERMIQUES	22
2.1 Injection de vapeur	22
2.1.1 Injection de vapeur cidique	23
2.1.2 Injection de vapeur continue	24
2.1.3 Critères de sélection pour l'application du procédé d'injection de vapeur	28
2.1.4 Equipement utilisé pour l'injection d'eau	28
2.2 Combustion interne	31
2.2.1 Généralités	31
2.2.2 Combustion sèche	31
2.2.3 Combustion humide	33
2.2.4 Critères de sélection des dépôts pour le processus de combustion	35
2.2.5 Equipement utilisé en combustion	39
2.3 Perspectives des méthodes de récupération secondaire en Roumanie	42
CHAPITRE 3 TRANSFERT DE CHALEUR DANS UN ENVIRONNEMENT POREUX	45
3.1 Terrain - système de stockage d'énergie	45
3.2 Transfert de chaleur dans l'environnement poreux	47
3.2.1 Capacité calorique	47
3.2.2 Conductivité thermique	49
3.2.3 Diffusion thermique	54
3.2.4 Densité	55
3.2.5 Coefficients thermodynamiques	56
CHAPITRE 4 LE RÔLE DU MODÈLE STATIQUE DANS LA DÉFINITION DE L'ARCHITECTURE DU RÉSERVOIR	58
4.1 Caractérisation géologique, continuité latérale et verticale du gisement	58
4.2 Hétérogénéité du gisement	61
4.3 Propriétés physiques de la roche et leur modélisation	66
4.4 Visualisation de champ, modèle statique	71



4.5 Incertitudes et risques dans les activités géologiques	98
4.6 Le concept général de gestion des incertitudes géologiques	100
4.7 Méthodes traditionnelles d'évaluation en géologie	102
CHAPITRE 5: CONCEPTION ET CONSTRUCTION DU STAND DE RECHERCHE EXPÉRIMENTALE	107
5.1 Les objectifs de la recherche expérimentale	107
5.2 Equipement expérimental et conditions de performance	110
5.3 Méthodes expérimentales et procédures d'exécution	111
5.4 Méthodologie de recherche	112
5.5 Résultats et discussions	120
5.6 Calculs mathématiques concernant la conductivité thermique	132
CHAPITRE 6 PROPRES CONTRIBUTIONS	135
CHAPITRE 7 CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS DANS LE CADRE DE LA RECHERCHE	137
BIBLIOGRAPHIE	140
LISTE DES TABLEAUX TEXTE	150
LISTE DES ANNEXES	151
LISTE DES ŒUVRES PUBLIÉES	159

## **Contribuții la creșterea eficienței energetice a recuperării termice a petrolului cu ajutorul metodelor moderne de evaluare a modelului geologic**

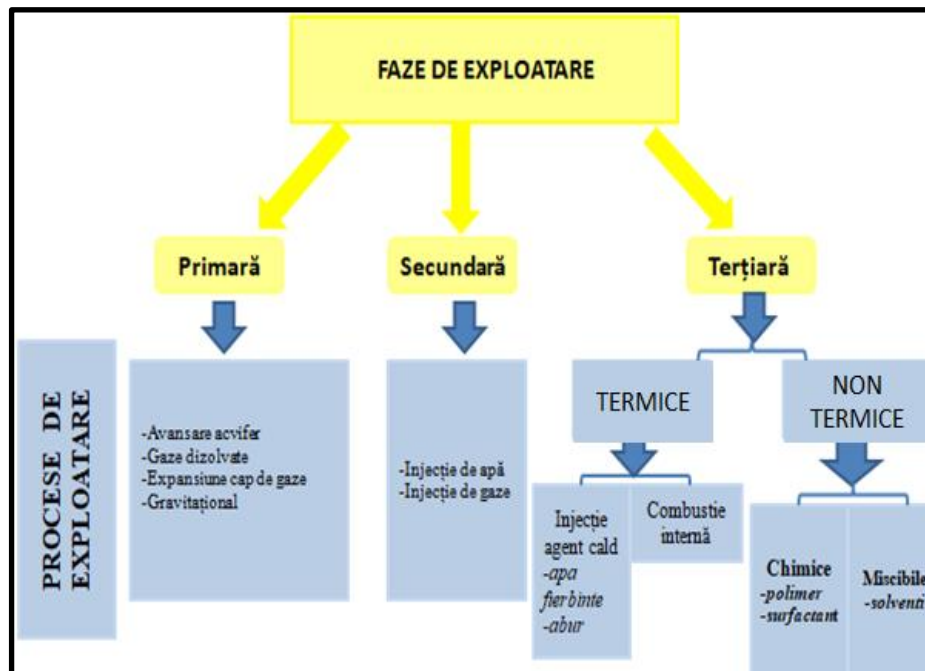
Industria petrolieră, se bazează, de cele mai multe ori, pe date ce provin din măsurători indirecte, iar aria din care ele sunt prelevate este extrem de mică raportată la dimensiunile volumelor de rocă studiate.

### **ACTUALITATEA TEMEI**

Producția de țiței a fost separată în trei faze: primară, secundară și terțiară care este cunoscută și sub denumirea de Enhanced Oil Recovery (E.O.R).(Figura 1) Modul de a crește în continuare producția de petrol este prin metoda terțiară sau EOR. Deși este mai scumpă, această metodă poate crește producția până la 75% recuperare.

Folosită în rezervoarele care prezintă petrol greu, cu permeabilitate slabă procesele terțiare presupun modificarea proprietăților reale ale hidrocarburilor, ceea ce distinge această fază de cea secundară sau primară. Indiferent dacă este aplicată după ce a fost terminată faza primară sau aceasta încă continuă, metodele terțiare restabilesc presiunea de formare și îmbunătățesc deplasarea țițeiului. Fiecare zăcământ trebuie evaluat foarte atent pentru a determina ce tip de metodă va funcționa pentru acel rezervor. Acest lucru se va realiza prin caracterizarea, modelarea și simularea rezervorului.

În prezent putem vorbi în cadrul proceselor terțiare de trei mari categorii: procese termice (aplicarea agentului termic: apa caldă, abur, combustia subterană), procese chimice (injecția de soluții alcaline, injecția de polimeri, injecția de soluții micelare), procese de dezlocuire miscibilă (injecția de hidrocarburi gazoase, injecția de CO<sub>2</sub>, injecția de azot, etc).



**Figura 1** *Procese de îmbunătățire a recuperării petrolului*

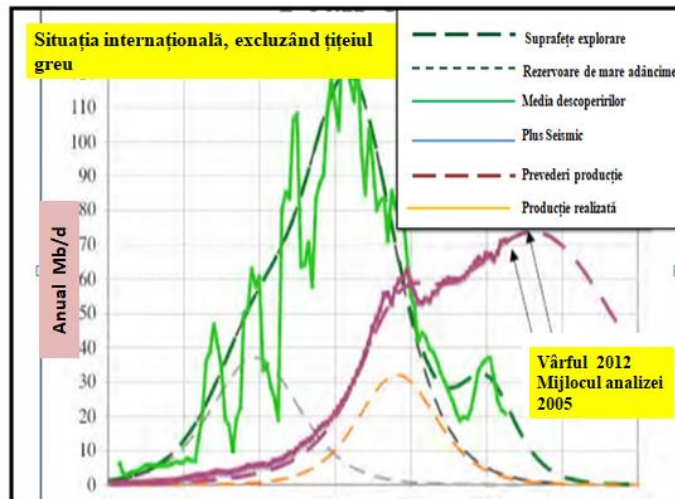
Există un număr mare de zăcăminte aflate la adâncimi sub 1000 m, cu o vâscozitate ridicată (mai mare de 900 kg/m<sup>3</sup>). Pe baza energiei proprii aceste zăcămintele nu pot fi exploatate, rezultând factori de recuperare de câțiva procenti. Se propune creșterea recuperării prin procese termice, pentru creșterea mobilității țițeiului. Se pot aplica atât ca procese continue de mărirea recuperării cât și ca procese de stimulare (injecția ciclică, combustia ciclică-de scurtă durată), caz în care se urmărește creșterea aflului de fluide din strat în gaura de sondă.

Încă de la început apar câteva întrebări privind înțelegerea a proceselor EOR :

1. Este posibil să se atingă un factor de recuperare de 70% ?
2. În cât timp o companie își poate dezvolta un departament specializat pe EOR?
3. Există suficient personal calificat și experimentat pentru analiza acestor procese, de șantier?
4. Se cunosc cât mai multe experimente de laborator/ șantier și rezultatele acestora ?

Următorul pas important în creșterea rezervelor mondiale de petrol se va putea face utilizând noi tehnologii și metode. Aceasta noua creștere are la bază: a) descoperirea celor nedescoperite până acum, b) producerea celor neproduse (proces EOR), c) surse

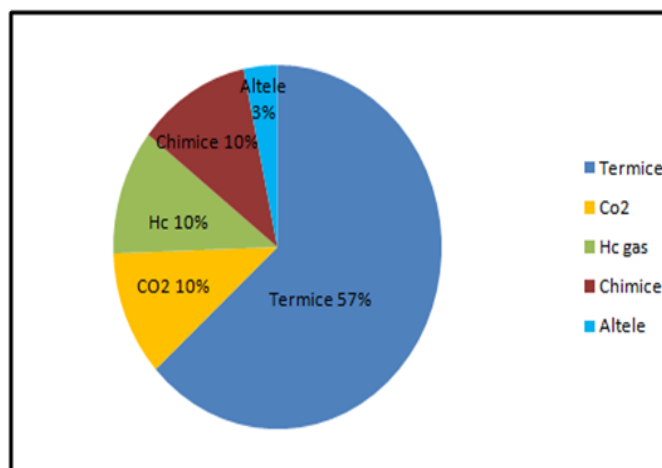
neconvenționale d) țițeiul din argile. Procesele EOR pot fi considerate salvatoare în viitorii 10-20 ani și au fost prezentate diferite distribuții privind evoluțiile ulterioare până în anii 2030-2040.(Figura 2)



**Figura 2-** *Evoluția producțiilor viitoare*

[Lahererre, 2006, <http://www.oilcrisis.com/lahererre>]

Pe baza mai multor clasificări, procesele termice reprezintă tehnica dominantă în cadrul proiectelor existente la nivel mondial. (Figura 3). Prin schimbarea proprietăților țițeiurilor din zăcământ (densitatea și vâscozitatea), va fi asigurată o deplasare mai bună a țițeiului, deci o recuperare mai bună.



**Figura 3 -** *Repartiția mondială pe proiecte E.O.R*

[Lahererre,2006,<http://www.oilcrisis.com/lahererre>]

## SCOPUL LUCRĂRII

Prin schimbul de energie efectuat între zăcământ și mediul exterior, procesele termice termice oferă un potențial deosebit. Prin aceste procese termice, efectul căldurii asupra țiteiului greu și vâscos este foarte important și nu există alte metode care să concureze.

Cunoașterea naturii, a modului de desfășurare a transformărilor precum și a starilor sistemului care efectuează aceste procese au constituit obiectul a numeroase cercetări.

Lucrarea de față se înscrie în această sferă de cercetări și prezintă o serie de rezultate obținute de autoare privind transferul de căldură al unor țiteiuri de diferite densități, precum și influența apei asupra conductivității termice a zăcământului. Vor fi analizate câteva dintre relațiile existente între proprietățile termice și cele fizice ale zăcămintelor. În principal se face referire la variația conductivității termice a unui zăcământ și a proprietăților fizice ale acestuia (porozitatea rocii și saturația în fluide). Conductivitatea termică este o proprietate a mediului. Este comparabilă cu permeabilitatea magnetică, coeficientul de difuzie moleculară, conductivitate electrică.

În cazul zăcămintelor de petrol conductivitatea termică poate fi estimată analitic prin două metode:

- se consideră un model idealizat: adică un mediu solid care se presupune a avea o geometrie bine definită și un mediu fluid imobil.

- au fost definite relații de calcul prin care se exprimă această mărime pe seama altor proprietăți fizice ale unui zăcământ: porozitate, permeabilitate, densitate.

Prin executarea părții experimentale, folosind date de bază diferite, autoarea își propune:

- să urmărească realizarea transferului de căldură a diferitelor tipuri de țitei prin minicelula termică, umplută cu diferite nisipuri și apoi încălzită la unul din capete.
- să traseze pentru prima dată **diagramele ternare** care vor reprezenta corelația fluxului de căldură la trecerea unor țiteiuri de diferite densități (densitate joasă, medie, ridicată) prin nisipuri cuarțitice (nisipuri de Văleni) și nisipuri bituminoase (nisipuri Derna)
- să analizeze influența apei, aceasta participând la conductivitatea termică a zăcămintelor, astfel putând aprecia rolul saturației apei în procesele termice.

## GRADUL DE STUDIERE A PROBLEMEI

În toate companiile există analize privind aplicarea metodelor de extracție a țițeiului greu, dar s-au conturat două lucruri comune: energia redusă returnată asupra energiei investite și impactul crescut asupra mediului. În timp ce sunt dezvoltate tehnicile pentru a ajuta reducerea impactului asupra mediului, nu există nici o îndoială că utilizarea acestei resurse va avea un impact negativ. La nivelul zăcămintului se poate produce un dezechilibru între temperatura agentului termodinamic, purtător de energie și roca rezervor, ceea ce face posibilă aplicarea unei metode termice. Aceste metode termice pot fi aplicate în două situații:

- 1) țițeiuri grele și a nisipuri bituminoase (Tabel 1)
- 2) zăcămintele epuizate energetic asociate cu exploatarea secundară și terțiară.

**Tabel 1** Clasificarea țițeiurilor [9]

Tip Țței	Densitate relativă		Vâscozitate
	Densitate 15/15	API	Cond. de zăc. mPas
Țței ușor	< 0.870	> 31.1	-
Țței dens medie	0.870...0.920	31,1....22,3	-
Țței greu	> 0.92	< 22,3	< 10000
Gudron natural	-	-	> 10000
Țței f greu	>1	< 10	-

Bitumenele sunt considerate acele țițeiuri cu densitate mai mare decât 1 și vâscozitate mai mare de 10000 mPas.

După locul în care este generată căldura metodele termice se împart în două mari categorii:

A) Metode prin care căldură este generată în zăcământ:

- Combustia subterană
- Injecția de abur produs în generatoare subterane
- Metode electrotermice
- Metodele chimice
- Utilizarea energiei nucleare

B) Metode prin care căldura este generată la suprafață și introdusă în zăcământ cu ajutorul unui fluid:

- Injecția de apă fierbinte
- Injecția de abur
- Injecția de gaze inerte calde

Injecția de fluide calde ca proces EOR implică utilizarea de lichid fierbinte într-un rezervor de țiței pentru a ușura fluxul de țiței către gaura de sondă. Energia termică este transferată ( sub formă de căldură) în zăcământ prin efectul combinat al mecanismelor de convecție și conducție. Această energie termică duce la reducerea vâscozității ridicate și la expansiunea termică a țițeiului în zăcământ. Injecția de abur este cea mai frecventă tehnică din metodele termice și este cea mai reușită din punct de vedere comercial.[66], [67],[69]

În oricare dintre metodele folosite este impetuos necesar a se descifra arhitectura interioară a zăcământului: delimitarea acestuia atât în plan vertical cât și orizontal, cunoașterea proprietăților rocii rezervor și capacitățile de curgere a fluidelor în interiorul zăcământului.

Pentru aceasta, încă de la începuturi geologii de zăcământ au încercat, prin utilizarea tuturor datelor existente (geologice, geofizice și inginerie de zăcământ) să pregătească modele geologice reprezentative și să le urmărească în perioada de simulare. Urmând ca prin înțelegerea fiecărei etape ulterioare definirii modelului static, să se întoarcă să revizuiască și să aducă completări necesare.

În primele faze au fost executate modele geologice 2D pentru reprezentarea zăcământului, dar în timp s-a constatat că acestea nu răspundeau întrebărilor care apăreau privind simularea curgerii .

Simularea zăcământului combină fizica, matematica, ingineria de zăcământ, dar și programe de computer pentru a dezvolta un instrument care să ajute la predicțiile privind performanța rezervorului sub diferite condiții de operare. Acest lucru a apărut din faptul că într-un proiect de recuperare a petrolului care de cele mai multe ori implică o investiție de capital majoră, riscul asociat cu planul de dezvoltare al zăcământului să fie minimizat și controlat. Factorii incluși în risc cuprind complexitatea zăcământului, datorită anizotropiei și heterogenității rocilor, variațiile regionale ale proprietăților fluidelor, complexitatea recuperării. Zăcământul de hidrocarburi fluide a fost descris ca un sistem fizico-chimic alcătuit dintr-un mediu solid poros-permeabil-fisurat-saturat, cu un mediu fluid format din sistemele de hidrocarburi și apele de zăcământ.[20]

Principiul filozofic al interacțiunii univernale, consideră că în natură nu există nici o particulă materială care să nu se afle într-o acțiune reciprocă cu alte părți materiale ale universului. Această acțiune reciprocă este cauza tuturor modificărilor de stare și de structură care au loc în natură. În acest scop conceptul de interacțiune este un concept filozofic, dar are aplicabilitate în toate domeniile de cercetare, astfel avem de a face cu diverse tipuri particulare de interacțiuni.

Singura cale de a schimba energia unui sistem este interacțiunea dintre sistem și mediu. Căldura este măsura schimbului de mișcare termică.

La începutul sau în timpul exploatarea unui zăcământ de hidrocarburi acesta are un anumit nivel de energie care permite sau nu aducerea la suprafață a fluidelor conținute. În procesul de exploatare termică pot defini următoarele tipuri de interacțiuni:

- *Interacțiune termică* : la contactul dintre două corpuri de temperaturi diferite considerându-se în acest caz zăcământul de petrol și agentul termic (abur sau gaze de ardere). În acest caz apare o interacțiune termică, cu un schimb de căldură. Cu cât diferența de temperatură între sistem și mediu este mai mare cu atât schimbul de căldură este mai mare.
- *Interacțiunea mecanică*, aceea care apare între două corpuri aflate în mișcare relativă unul față de altul.



- *Interacțiunea prin transfer de masă* la trecerea substanțelor din sistem spre mediul exterior sau invers.

Agentul termic prin antrenarea în mișcare a fluidelor din zăcământ, produce un proces ireversibil de lucru mecanic.

Materia este în continuă mișcare, aceasta fiind dată de energia sa. Energia se poate afla sub diferite stări de agregare: plasmă, gazoasă, lichidă sau solidă. Fiind în continuă mișcare materia se poate modela folosind ecuațiile de stare. [85]. [86]

Materia pe care o întâlnim la începutul exploatării unui zăcământ se află în stare amorfă, adică rocile, stare gazoasă - hidrocarburile gazoase și cea lichidă – hidrocarburile lichide și apele de zăcământ. De aceea a apărut ca necesară introducerea conceptului de zăcământ ca un sistem fizico-chimic alcătuit dintr-un mediu solid-roci și un mediu fluid care saturează sistemul de pori, sau fisuri ale mediului poros.

Fizicienii și matematicienii au concluzionat faptul că stările materiei pot fi oglindite în diagramele de stare, acestea fiind puse în ecuație matematică:

$$E = f( V, T, p, t )$$

Unde: R- reprezintă alcătuirea structurală a materiei, a mediului

V – Volumul materiei

T – temperatura materiei

P – presiunea la care se află

t – timpul geologic

Putem spune că variația unui singur parametru din ecuația de mai sus va determina variabilitatea celorlalți, atât la scară geologică cât și la scara timpului de exploatare. Materia în continuă mișcare este energie. [13], [19]

Dintre parametrii care au fost menționați, poate fi dat exemplu, „ timpul geologic ”. Acesta curge și ne obligă să îl luăm în considerare. De-a lungul timpului au fost generate transformări la scară microstructurală, sesizabile în zilele noastre cu ajutorul metodelor moderne. În timpul exploatării zăcămintelor, obiectivul cel mai important ar trebui să rămână

utilizarea cea mai rațională a energiei zăcămintelor, iar dacă este necesar aceasta ar trebui suplimentată cu energie din alte surse.

Pentru a putea fi evaluat fenomenul de conducție și absorbție în partea superioară a crustei terestre se impune cunoașterea noțiunilor despre **proprietățile termice**. În rocă transferul de căldură apare în principal datorită conducției și secundar prin convecție și radiație. Convecția căldurii este transferul dintre un fluid convectiv și un solid sau alt fluid. Conducția printr-un solid, lichid sau gaz este principalul mod de transfer de căldură. Într-un corp solid cu temperatură și presiune moderată, convecția este absentă, iar radiația și excitația sunt neglijabile.[9]

Baronul Joseph Fourier printre alte cercetări matematice, introduce și acest concept în știință, definind această mărime fizică prin care se caracterizează capacitatea unui material de a transmite căldura prin conducție termică atunci când este supus unei diferențe de temperatură. Acesta este un proces de egalizare a temperaturii conectat cu transferul de căldură dintre spațiul cu temperatură ridicată către cel cu temperatură joasă. Acest flux de căldură,  $q$ , este proporțional cu diferența de presiune existentă și conductivitatea termică,  $K$  a mediului.[20], [27]

$$q = K * \frac{dT}{dx}, \text{ unde } \frac{dT}{dx} \text{ este gradientul de temperatură}$$

*Anizotropia conductivității termice* este pronunțată în minerale. Cum rocile sunt compuse din componente policristaline ale diferitelor minerale, conductivitatea totală este determinată de conductivitățile mineralelor componente. Microanizotropia conductivității termice este dependentă de aranjamentul particulelor minerale în timp ce macroanizotropia apare în volumele mari de rocă datorită înclinării stratelor, fracturărilor și regimului tectonic precum și sistozității stratelor. În tabelul 2, au fost sintetizate valorile conductivității termice

pentru diferite tipuri de roci.

**Tabel 2 - Conductivitatea termică pentru diferite tipuri de roci[20]**

Roca	Porozitate %	Densitate Kg/m <sup>3</sup>	Caldura specifica KJ/ KgK	Conductivitate termica W/mK
<b>Gresie saturata</b>	0.196	2.08	1.055	2.75
Apa	0.196	-	-	1.36
Titei	0.196	-	-	2.47
Titei si apa				
<b>Marna saturata</b>	0.199	1.92	0.85	0.68
Aer	0.071	2.32	0.804	1.04
Apa	0.071	2.32	0.692	1.69
<b>Calcar saturat</b>				
Apa	0.186	2.39	1.114	3.55
Titei	0.186	-	-	2.15
<b>Nisip saturat</b>				
Apa	0.34	2.08	1.319	3.07
Titei	0.34	-	-	1.64-1.80
<b>Gresie saturata</b>				
Apa	0.4	1.84	1.56	1.82
Titei	0.4	-	-	-
<b>Marna saturata cu</b>				
Apa	0.36	1.69	1.47	1.79
Titei	0.36	-	-	0.96

Factorii care influențează conductivitatea termică a rocilor care alcătuiesc scoarța terestră sunt: natura și compoziția constituenților, vârstă geologică, densitatea, umiditatea, temperatura, presiunea și anizotropia.[22]

**Conductivitatea termică** a rocilor se calculează în funcție de conductivitățile termice ale componentelor și de fracțiile volumice ale acestora. În general, rocile cu densitate mare au conductivitate termică mare. Creșterea procentului de umiditate conduce la creșterea conductivității termice. Influența temperaturii asupra proprietăților termice ale rocilor, aflate la o adâncime mai mare de 1000 m, sau în zone de temperatură ridicată nu poate fi neglijată. [18],[19],[20]

Conductivitatea termică a rocilor scade cu creșterea temperaturii. În tabelul 3 este prezentată influența temperaturii asupra conductivității termice a unor roci. Rocile care prezintă plane de stratificație, cum ar fi gresie, șisturi, unele nisipuri prezintă proprietate de anizotropie.

**Tabel 3** – Valorile conductivităților funcție de temperatură în anumite tipuri de roci [18]

Roca	Densitate (kg/ m <sup>3</sup> )	Temperatura ( ° C)						
		0	50	100	200	300	400	500
Dolomit	2830	4,98	4,31	3,89	3,33			
Calcar (Depunere paralelă)	2600	3.45	3.16	2.95	2.74			
Calcar (Depunere perpendiculară)	2690	2.55	2.38	2.27				
Gresie (Stratificație paralelă.)	2640	5.69	4.94	4.44	3.77			
Gresie ( Stratificație perpendiculară)	2650	5.48	4.77	4.31	3.62			
Sist	-		0.91	0.94	1.63	1.47		
Sist argilos	2700	2.66	2.53	2.45	2.30	2.18	2.07	2.01

Determinarea acestei mărimi de transport conductiv de căldură a făcut obiectul a numeroase studii teoretice și experimentale[12], [30].Cele mai evidente sunt cele făcute specific pe o anumită zonă de zăcământ.Acest lucru este dificil de realizat, dar sunt posibile două căi: 1) considerarea unui model idealizat, format dintr-un fluid și un solid 2) exprimarea funcție de alte proprietăți ale zonei, mai ușor măsurabile.(densitate, porozitate, permeabilitate).

O predicție de succes a arhitecturii dintre sonde și a heterogenității are implicații în toate stadiile de dezvoltare ale zăcământului, din faza de explorare până la faza de dezvoltare și de revitalizare a zăcământului. Astfel o analiză detaliată a distribuției acestor proprietăți poate conduce spre o bună aproximare a traseului fluxului de căldură.

Scopul caracterizării geologice a rezervorului în cazul aplicării unuia dintre procesele termice, este de a analiza proprietățile fizice și termice, precum și distribuția acestora în cadrul zăcământului.

Zăcământul poate fi considerat la nivelul unei scări de la un metru până la câțiva kilometri și este interfața geologică care încorporează analiza integrată a tuturor proceselor incluse într-un bazin sedimentar.Procesele implică atât analiza la nivel de bazin sedimentar cât și analiza de la nivelul rețelei de pori, împreună cu analiza de fluide și roca rezervor.

Pentru echipa de cercetare este esențial să integreze toate informațiile: geologice, geochemice, geomorfologice, fizica rocilor, mineralogie, comportamentul fluidelor, proprietățile termice ale rocilor.

Dinamica bazinului este unul din subiectul cheie al echipei. Baza tuturor calculelor de resurse, înțelegerea acesteea cere mai mult decât orice, integrarea avansată a tuturor proceselor la o incredibilă scară în spațiu și timp.Geologii necesită competențe în această arie pentru a combina evoluția structurală cu cea sedimentară.Aceștia vor propune un plan de lucru, iar odată definit vor veni și îl vor umple cu date cantitative: secvențe stratigrafice, scenarii cinematice, condițiile de presiune și temperatură.Aceasta muncă bazată prima dată pe analize cantitative vor ajuta la construcția modelului structural. În faza a doua acest model va fi populat cu informații provenite din analiza datelor cantitative rezultate din proprietățile rocilor, a mineralelor, a fluidelor de zăcământ.[34], [35].

Pasul următor, îl reprezintă inspectarea interacțiunii sistemului rocă-fluid și a diagenzei (identificarea mineralelor componente, a schimbărilor geochemice asociate cu îngroparea sedimentelor și roca sursă). Asemenea schimbări, relaționate cu variațiile de presiune și temperatură au un impact dominant în proprietățile rocilor (porozitate, permeabilitate, saturație). Porozitatea joacă un rol important în geologie. Aceasta controlând înmagazinarea fluidului în zăcămintele de țiței și gaze. În același timp extensia și conectivitatea între porii structurii controlează curgerea fluidului și transportul de-a lungul formațiunilor geologice, la fel de bine proprietățile mineralogice și cele termice ale întregului volum de rocă.

Aceste proprietăți pot fi cuantificate din analizele de rocă efectuate pe mai multe eșantioane în laborator și apoi integrate cu alte date inițiale existente despre diagenză și sedimentarea bazinului.

Primul obiectiv pentru aproape toate caracterizările geologice este acela de a prezice variația spațială a uneia sau mai multor variabile geologice. În acest context o variabilă este definită ca o proprietate a oricărei structuri care prezintă variabilitate și poate fi măsurată în termeni numerici.

În faza de explorare, predicția calității rezervorului este o componentă evidentă a evaluării prospectului. Adicional practicilor existente de predicție a calității nisipului, se acordă o deosebită atenție faciesului depozițional și a poziției într-un ciclu de depunere, acestea putând rezolva enigme despre heterogenitatea internă.

În faza de dezvoltare inițială a zăcămintului, atenția către dezvoltarea faciesului lateral pot ajuta la estimarea spațiului dintre sonde.

În zăcămintele mature, rezervoarele care ar putea aduce un plus de rezerve sunt acelea cu semnificativă heterogenitate între sonde. Recunoașterea acestor rezervoare poate contribui în studiile de zăcămint la creșterea rezervelor. Deși arhitectura rezervoarelor poate fi ușor trasată în interiorul unui compartiment, între diferite compartimente aceasta nu poate fi ușor estimată, mai ales dacă între sonde sunt distanțe mari.

Sunt multe exemple în care o nesuspectată interconectivitate dintre sonde poate reduce cantitatea de rezerve estimate.

Prin porii zăcământului curgerea fluidului se face prin forțele de dislocuire naturale (energie proprie a zăcământului sau artificial-energie introdusă din afară). Heterogenitatea dintre sonde va influența viteza de deplasare a fluidului până la gaura de sondă aceasta fiind frânată de frecarea dintre fluide, tensiunile superficiale dintre lichide și rocă. O dată cu creșterea vitezei de curgere cresc frecările automat și scăderea de presiune.

Energia de zăcământ se consumă la un timp după exploatarea zăcământului, afluxul către sondă devine din ce în ce mai redus, doar forța gravitațională creată de grosimea mare a stratelor și înclinările mari pot contribui la creșterea acestora. Heterogenitatea pe verticală și orizontală va contribui la micșorarea acestei viteze de curgere în strat. O dată cu săparea de sonde noi sau de înlocuire, are loc creșterea producției și aceasta este limitată de interferența dintre sonde și de eficiența economică.[18]

Atunci când informațiile schelei de petrol sunt corecte și reale, putem spune că și rezultatele analizelor vor fi corecte, prevederile vor avea rezultatul așteptat, iar creșterea producției se va vedea în cel mai scurt timp.

Gestionarea datelor pentru o analiză cât mai detaliată și cu rezultate imediate nu este o sarcină ușoară. Pentru a stoca și gestiona eficient seturile de date multiple, companiile au creat în general o bază de date cu informații geologice (locațiile sondelor, deviațiile acestora, diagramele geofizice înregistrate, seismica existentă 2D și 3D). Folosind aceste baze de date se poate eficientiza munca echipei prin câștigarea de timp. În marea majoritate a cazurilor pentru timpurile actuale, managementul va dori o analiză cât mai detaliată într-un timp mai scurt și costuri cât mai reduse. În acest sens este esențial din faza de început a studiilor de fezabilitate, să se identifice și să se analizeze insuficiențele analizelor precedente, noile date apărute după ultima analiză, dar mai ales să se stabilească timpii de lucru necesari finalizării fiecărei etape din cadrul proiectelor de dezvoltare ale zăcămintelor.

Capacitatea de a gestiona timpul în mod eficient este importantă. Acest lucru poate conduce la o eficiență și o productivitate îmbunătățită, mai puțin stres și mai mult succes în finalizarea proiectului. Iată câteva beneficii ale gestionării eficiente a timpului:

1. Evitarea stresului – realizarea unui program de sarcini va reduce anxietatea. Pe măsură ce sunt stabilite etapele proiectului se poate verifica după o perioadă de timp ce rezultate au fost obținute.

2. Mai mult timp liber – Gestionarea mai bună a timpului îți poate oferi mai mult timp liber, iar după această perioadă poți fi mult mai productiv.

3. Gestionarea mai bună a timpului duce la mai multe oportunități și mai puțin timp pierdut. Capacitatea de a acorda prioritate și de a programa munca este extrem de dorită într-o echipă.

4. Capacitatea de realizare a obiectivelor – Persoanele care practică un bun management al timpului sunt capabile să își atingă mai bine obiectivele și uneori o pot face și în timp mai scurt.

În acest sens autoarea propune în această lucrare, pentru o mai bună desfășurare a procesului de modelare a părții geologice, o perspectivă pentru respectarea termenelor de finalizare, organizarea timpului în cadrul echipelor.

Elementele cheie care definesc finalizarea în timp al modelului sunt următoarele:

- scopul modelului-pentru calculul volumetric este posibil să se ia în considerare un timp mai scurt, în schimb pentru un zăcământ cărui se va aplica procese EOR/IOR ar trebui să fie mult mai detaliat și un timp mai îndelungat.

- volumul de date – poate exista situația de a modela un număr mai mare de sonde, mai multe rezervoare, un număr mare de falii, multiple sisteme depoziționale. Cu cât mai puține date avem cu atât mai puțin timp avem.

- complexitatea modelului – aceasta depinde de compartimentele definite, multiple zone, incertitudini în definirea contactelor.

- maturitatea zăcământului – zăcămintele noi („green,„) cu date limitate vor onora un timp mai limitat în comparație cu zăcămintele vechi

- experiența – este ultima, dar nu cea mai puțin importantă. Cu cât este mai experimentat geologul, cu atât se va lua în considerare un timp mai scurt.

Timpul cerut pentru construcția modelului static este dependent de :

- volumul datelor
- modelul structural
- modelul de facies
- modelul de proprietăți



In figurile 3, 4, 5, 6, 7 autoarea descrie matricele de construcție a modelului static în funcție de volumul de date, complexitatea structurii, modelul de facies.

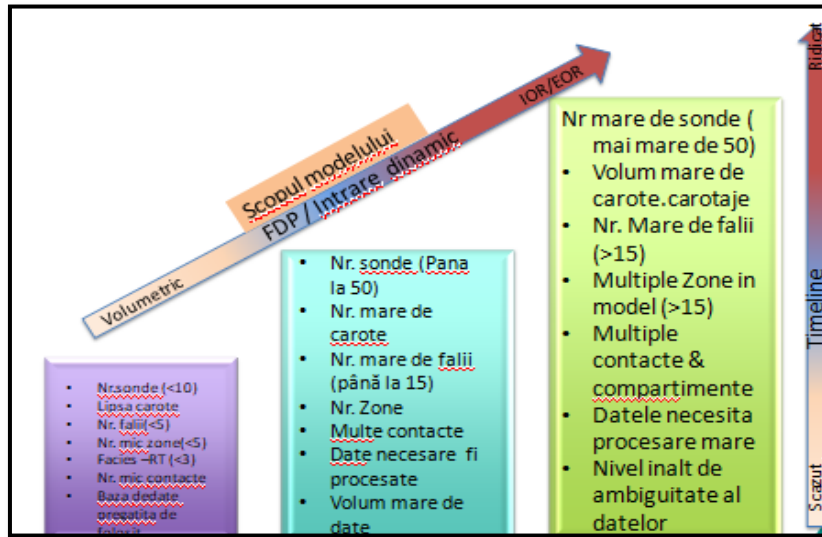


Figura 4 - Matricea timpului - Scopul și volumul datelor

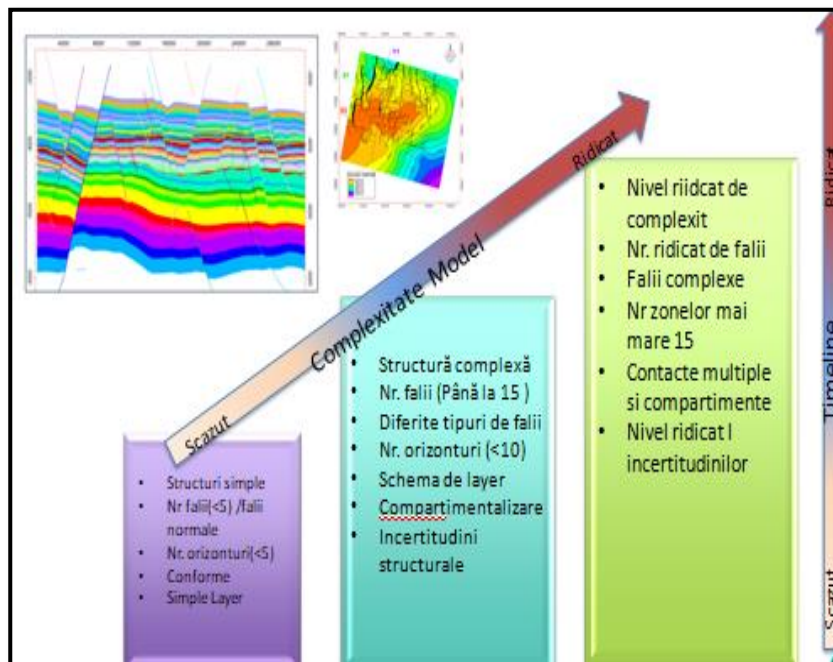


Figura 5- Matricea timpului – Modelul structural

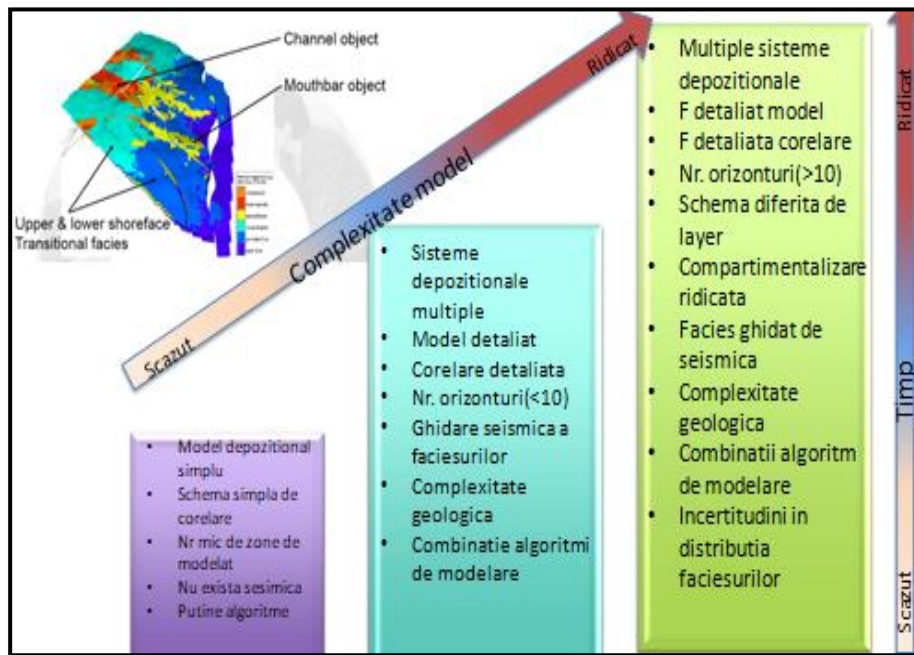


Figura 6 - Matricea timpului – Modelul de facies

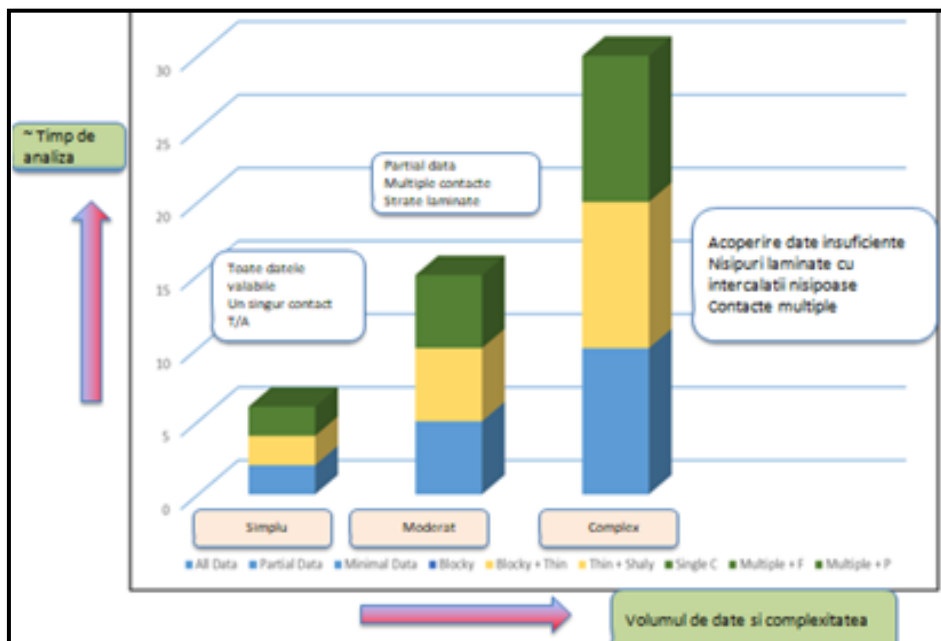


Figura 7 Matricea timpului – Model de proprietăți

O bună planificare a timpului conduce la buna funcționare a echipei multidisciplinare de cercetare, obținerea unui feedback pozitiv și rezultate apreciabile în exploatarea viitoare.

## TEMA CERCETĂRII

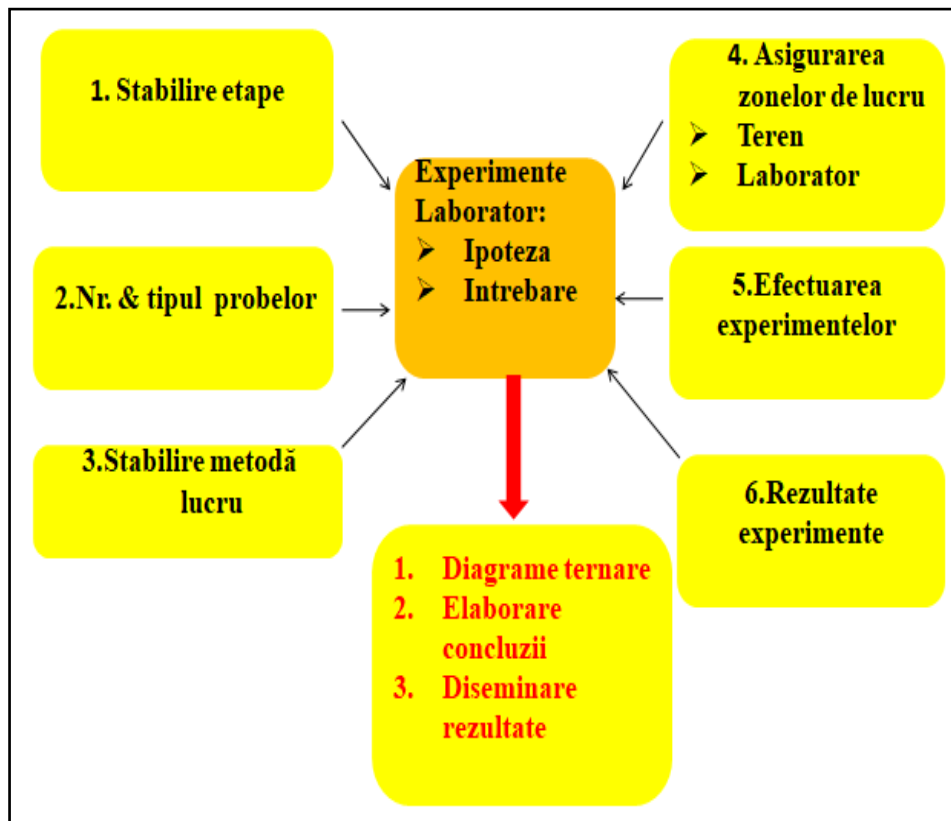
Deseori facem măsurări tipice, fie că realizăm, fie că nu. Ne uităm la ceas sau ne cântărim. Aceste informații se fac direct și repede și se uită la fel de repede. Dimpotrivă pentru măsurători efectuate de un croitor sau un medic care pune diagnostic sau un fizician care urmărește fenomene, măsurătorile prezintă un grad ridicat de atenție. Este important ca aceste date să se centralizeze într-o bază de date bine organizată, iar rezultatele să se prezinte sistematic și organizat.

Pentru fiecare măsurare există două variabile, una presupusă independentă și alta dependentă. De cele mai multe ori sunt interesante ambele variabile și mai ales relația dintre ele. Folosind tabelele pentru reprezentarea datelor, variabilele dependente și independente admise, precum și relațiile dintre ele, dacă există sunt exprimate prin însăși aranjarea valorilor corespunzătoare sau a proprietăților într-o schemă ordonată.

Pentru descrierea unui experiment, încă de la început este nevoie să faci cercetările, să îți pui întrebări: ce tehnici și echipament îți propui să folosești. Este recomandat să înveți din greșelile altora, decât să le repeți și tu. Folositor ar fi să pornești de la ideile lor recunoscute, pentru a putea continua munca acestora și a veni cu completări de idei și practici.

Înainte de a începe cercetările și a descrie un experiment, trebuie să cunoști bine teoria care stă la baza experimentului. Pe baza literaturii de specialitate din bibliotecă sau de pe internet poți face o predicție despre ce ar putea apărea în experimentul tău, mai apoi să controlezi dacă este o predicție corectă sau un.

Este recomandat să se facă un plan de lucru, o etapizare a proceselor și de a avea o perspectivă despre ceea ce se dorește a se prezenta la final. Schematic a fost sintetizat acest lucru în Figura 7.



**Figura 8 - Etapizarea execuției experimentelor**

Cu multitudinea de informații existente în prezent, riști să te pierzi și să irosești mult timp. De aceea, executarea unui plan de lucru , cu timpul alocat și ideile pe care le ai te-ar ajuta foarte mult. Secretul este de a utiliza cuvinte cheie : De ce?, Cum?, Cine?, Când? , Unde?.

Pe parcursul activității profesionale (23 ani atât în țară cât și în străinătate), ca geolog de rezervor, autoarea a fost mai mult preocupată de înțelegerea și aplicarea corectă a proprietăților fizice ale zăcămintului în studiile de proiectare pe care a lucrat. Fiind expusă atât intern cât și internațional la zăcămintele aflate în faze avansate de exploatare, pentru care aplicarea unui proces de mărire a factorilor de recuperare este imperativ, autoarea a început să fie preocupată de înțelegerea diferitelor procese ce ar putea fi aplicate, de rolul său ca geolog în cadrul echipelor multidisciplinare.

Plecând de la noțiunile de bază și completând cu experiența acumulată au apărut diverse întrebări, despre relația proprietăților fizice și a celor termice prezente în sistemul rocă-fluid. Una dintre acestea este cea menționată mai jos, iar prin efectuarea experimentelor, care constituie și partea practică a acestei teze, s-au dat unele răspunsuri privind variabilitatea și conectivitatea proprietăților în zăcămintele.

**”Cum variază conductivitatea termică a unor țiguiuri de diferite densități (min, med, ridicată) la trecerea printr-un mediu solid? Mediul solid considerat pentru analiză fiind nisipuri cuarțoase de Văleni și nisipuri bituminoase de la Derna.” Ar putea fi modelat transferul de căldură liniară pentru diferite scenarii, pentru țiguiuri de diferite densități. Cum influențează prezența apei acest transfer liniar?**

Echipamentul experimental a constat din următoarele:

- Celula de transfer termic - material oțel carbon OLT 35K (lungime 30 cm), prevăzută cu capace filetate la ambele capete.
- 2 termometre de piatră, cu gradație până la 300 °C (comandate la firmă specializată)
- 3 Kg nisip cuarțos de Valeni (recolat direct de pe teren)
- 2 Kg nisip bituminos de la aflorimentul Derna, Jud Bihor (recolat direct de la afloriment)
- 4 tipuri de țiguiuri de densități diferite 0.80/0.85/0.91/0.98
- 1 cadru metalic pe care a fost fixată celula
- 1 bec de gaz

Colectarea probelor s-a făcut direct de către autoare, prin deplasarea la schela de producție, la aflorimente pentru nisipuri. (Văleni-Prahova și Derna-Bihor). Colectarea și experimentele propriu-zise s-au desfășurat în lunile august și septembrie 2019.

Au fost executate 6 experimente în total, în laboratorul de chimie, la o temperatura de 24 grade Celsius. Fiecare experiment a folosit aceeași metodologie:

1. Minicelula de transfer termic (aproximativ 30 cm) a fost umplută cu nisip cuarțitic/nisip bituminos
2. A fost introdus pentru fiecare experiment țiguiul cu o densitate diferită de fiecare dată, 500ml
3. La ambele capete au fost fixate termometrele de piatră și citite temperaturile mediului ambiant.(s-au efectuat înregistrări până la 300 °C, maxima termometrelor)
4. Celula a fost fixată pe un suport și încălzită la unul din capete.
5. S-au înregistrat citirile pentru cele doua temperaturi T1 și T2 , precum și timpul parcurs de fluxul de căldură de la un capat la celălalt al minicelulei
6. S-a urmărit să se atingă temperatura de 300 °C .
7. Pentru toate experimentele au fost tabelate citirile efectuate și prezenatate în anexele 1- 6 ale tezei.



Figura 9 a) Probe țiței 4 densități Fig.5 b) Minicelula de transfer termic

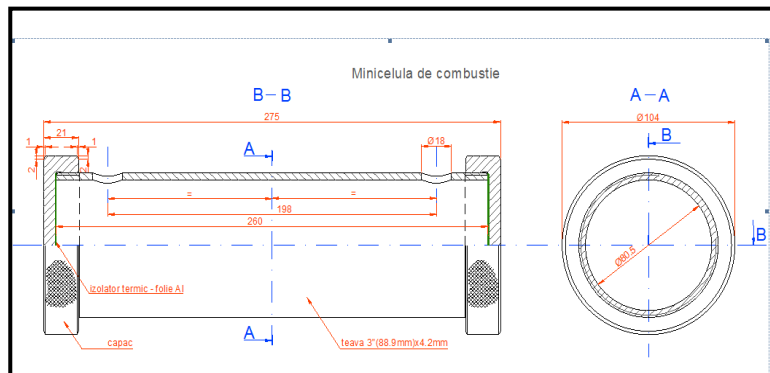


Figura 10 - Schema minicelulei de transfer termic

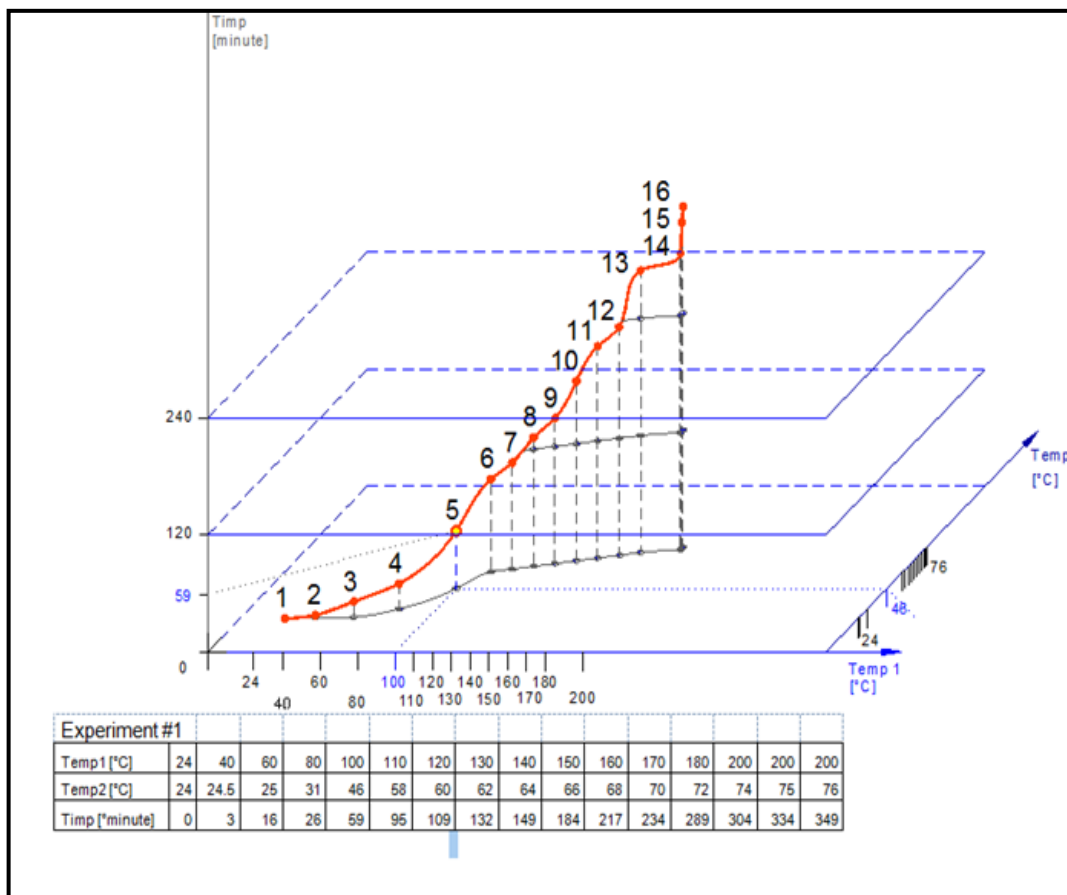


Figura 11 – Afloriment nisipuri bituminoase Derna – Jud.Bihor

**OBIECTIVELE PĂRȚII EXPERIMENTALE**

Obiectivele cercetării se constituie în următoarele puncte:

1. Trasarea diagramelor ternare, care reprezintă variația fluxului de căldură, într-un anumit timp prin celula de transfer termic, la introducerea unui țitei de diferite densități prin nisipuri curțitice și prin nisipuri bituminoase.
2. Influența apei asupra conductivității termice a rocilor, urmărind trasarea graficelor de variație pe baza unor modele matematice.
3. Reprezentarea grafică a variației conductivității termice a unui zăcământ funcție de saturația în apă și porozitatea nisipului.

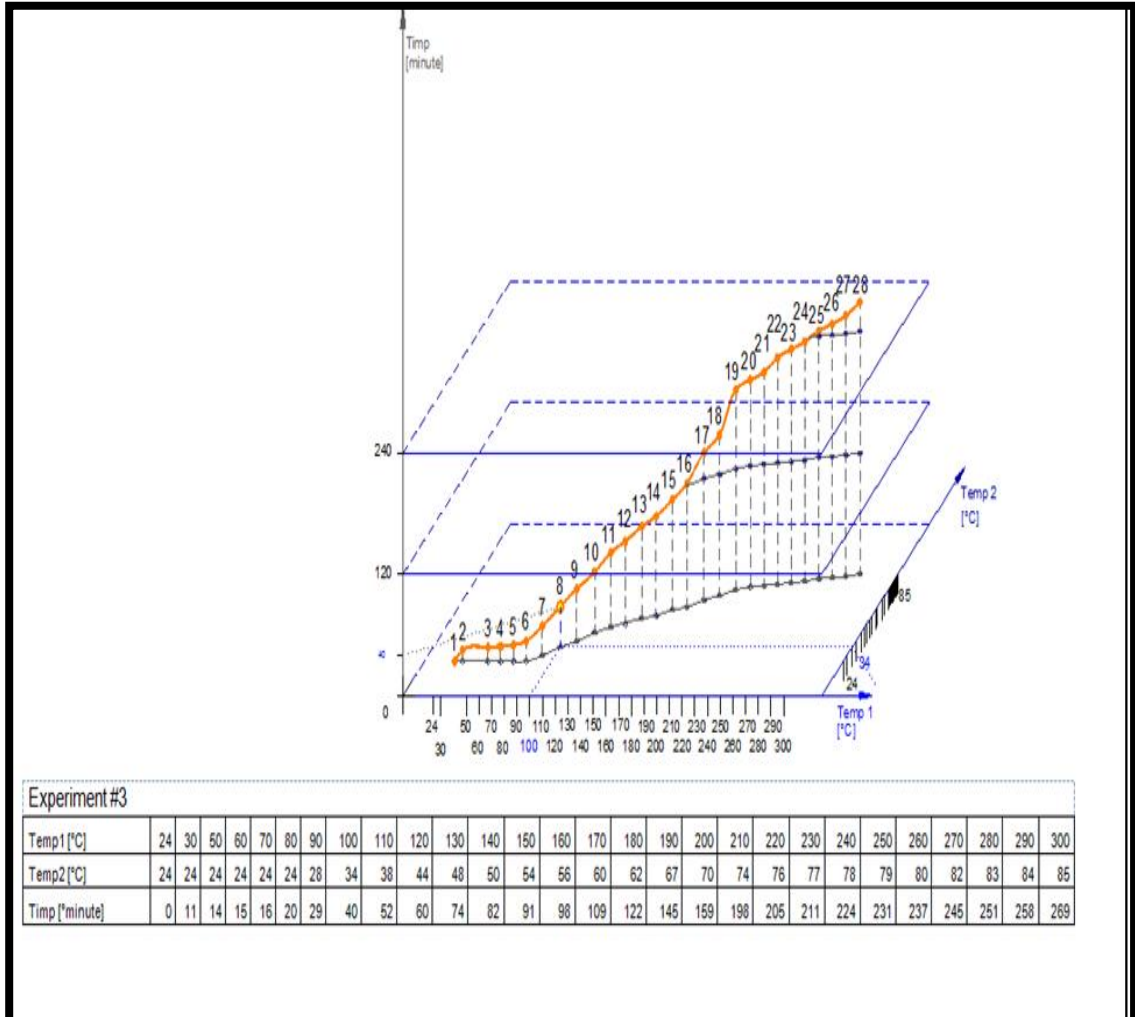


**Figura 12** Diagrama ternară *Experiment 1*-Densitate țitei 850 kg/m<sup>3</sup>





3. Temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  , a fost atinsă in prtea opusă celei căreea i-a fost aplicat becul de gaz după aproximativ 9h.



**Figura 14** Diagrama ternară *Experiment 3*- Densitate  $800 \text{ kg/ m}^3$

**Concluziile experimentului 3 :**

1. În cazul unui țigeti ușor, după primele 30 minute de la aplicarea căldurii, termometrul din partea becului de gaz inregistrează temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ .
2. Transferul de căldură către partea opusă aplicării becului de gaz , s-a desfășurat într-un interval orar de 5 ore atingându-se temepartura de  $300^{\circ}\text{C}$ , moment în care s-a decis întreruperea experimentului.

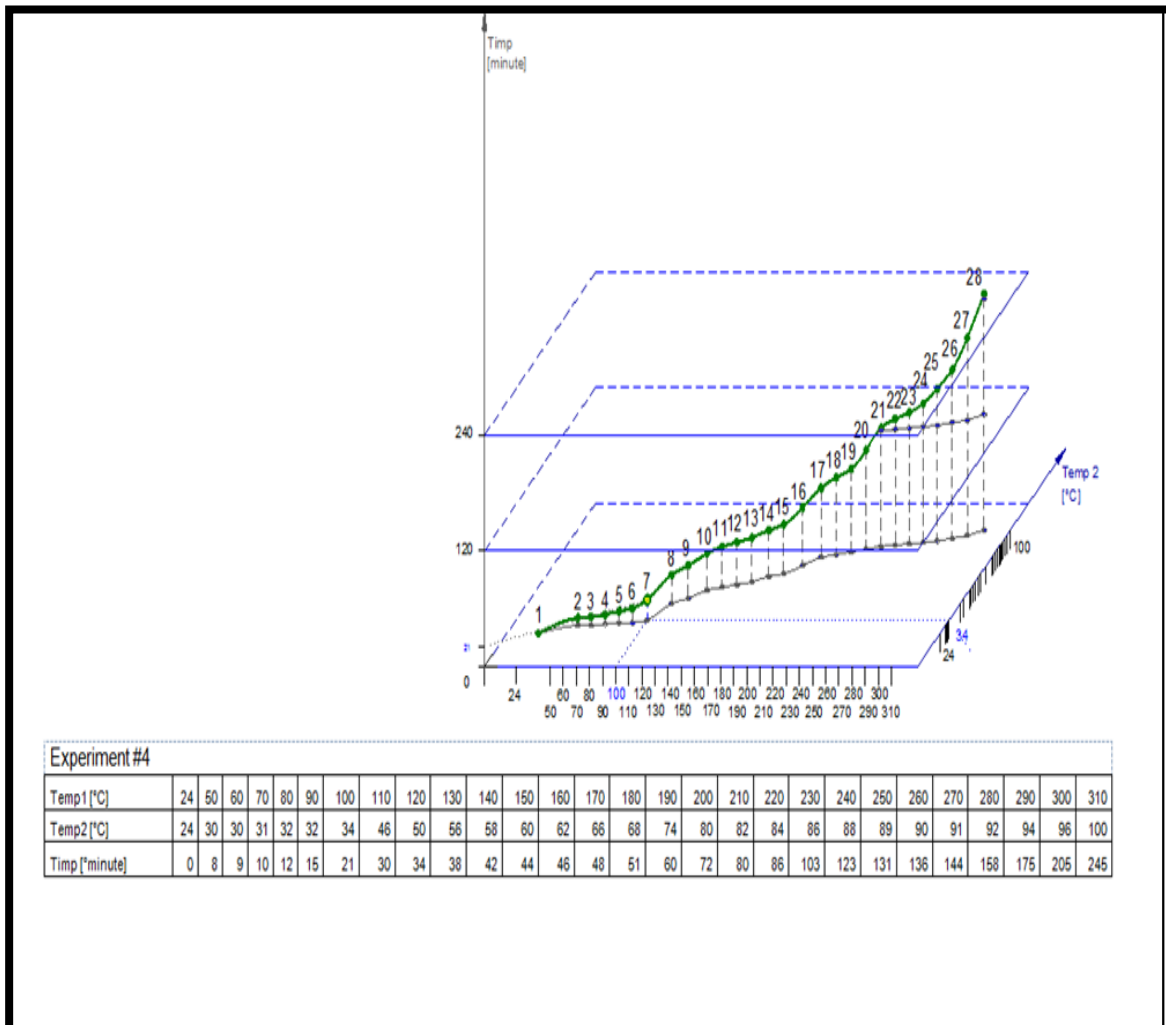
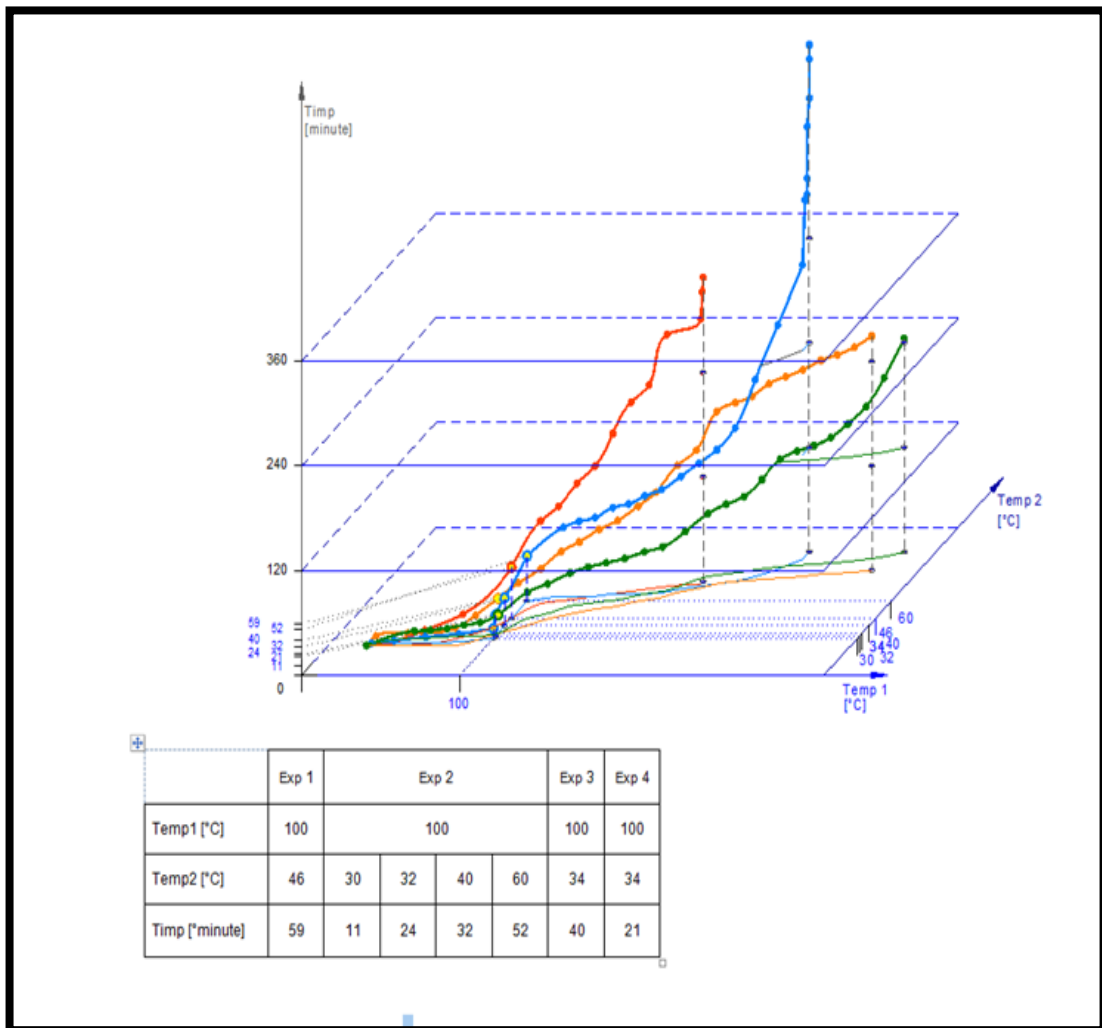


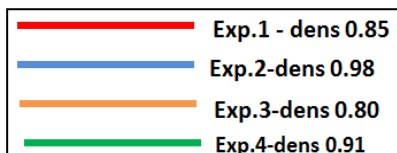
Figura 15 Diagrama ternară Experiment 4 – Densitate fiței 910 kg/m<sup>3</sup>

**Concluziile experimentului 4 :**

1. La 20 minute după aplicarea becului de gaz, temperatura a crescut la 100 °C.
2. A fost atinsă temperatura de 300 °C în partea unde a fost aplicat becul de gaz, după aproximativ 3 ore și 40 minute, în partea opusă înregistrându-se temperatura de 100 °C.



**Figura 16** – Diagrama ternară pentru diferite tipuri de țitei (ușoare, medii, grele )

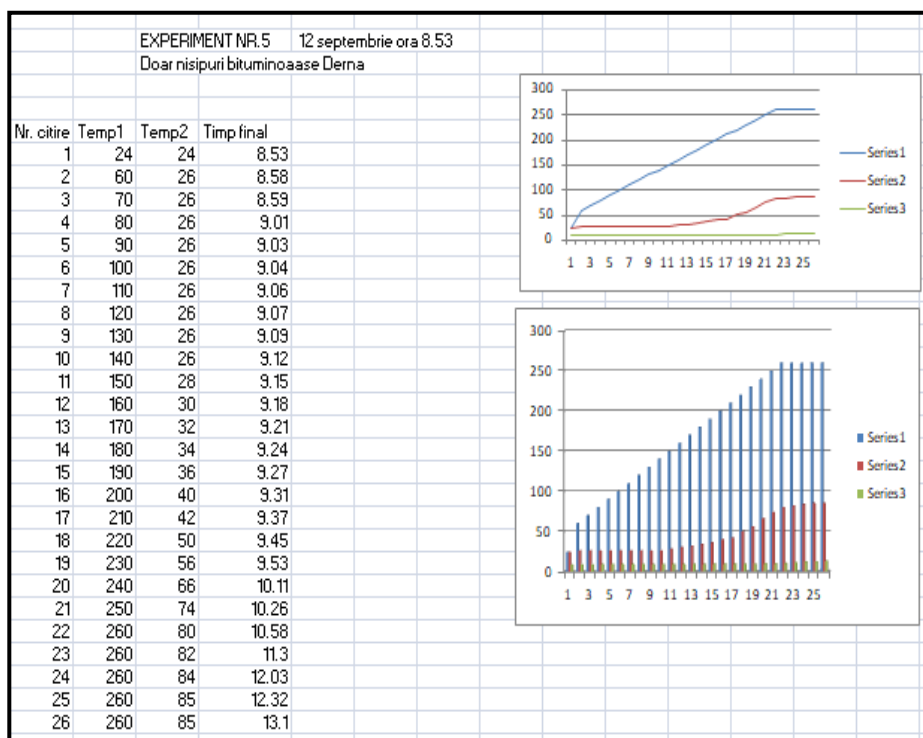


### Concluzii experimente 1-4 :

1. Finalitatea acestor experimente o reprezintă trasarea graficelor de variație a fluxului termic funcție de densitatea țiteiului. Lucrarea de față analizând aceste variații pentru cele trei tipuri de țiteiuri : ușoare, medii, grele.
2. Experimentele stau la baza determinării valorii acestei mărimi de transport conductiv de căldură, funcție de densitatea nisipurilor (20%) .
3. Această mărime de transport conductiv este funcție de alte proprietăți ale zăcământului. Una dintre proprietățile care influențează transportul conductiv de căldură este densitatea țiteiului.

Pentru a descrie mai amplu nisipul bituminos, acesta este un amestec compus din nisip cuarțos și particule fine în proporție de 80%, apă 5% și bitumul care umple spațiile porilor dintre granulele de nisip în proporție de 15%.

Autoarea și-a propus să execute un experiment, experimentul nr 5, pentru a observa cum variază fluxul termic în cazul nisipurilor bituminoase.



**Figura 17– Experiment 5-Variația fluxului termic prin nisipuri bituminoase**

### Concluzii experiment 5- nisipuri bituminoase:

1. După aplicarea becului de gaz s-a observat atingerea temperaturii de 100 °C, foarte repede, 9 minute.
2. Transferul de căldură pe cei 30 cm , a fost efectuat într- un timp scurt de 4 ore.
3. S-a observat un palier de temperatura la 260 °C, înregistrându-se timp de 2 ore (citirile 22-26).

În timpul derulărilor experimentelor 1-5, s-a observat în momentul citirii temperaturii de 100 °C, apariția unor vapori de apă, presupunând a fi apa care se evaporă prin atingerea temperaturii de fierbere. Prin urmare a apărut ideea de a se observa transferul fluxului de căldură prin nisipurile cuarțitice de Văleni uscate (pentru eliminarea apei) injectate cu țitei de

densitate  $980 \text{ kg/m}^3$ . (Figura 17). Rezultatele grafice al acestui experiment 6, sunt prezentate in Figura 18 (nisipuri umede ) și Figura 19 (nisipuri uscate).



Figura 18– Uscarea nisipului de Văleni – eliminarea apei

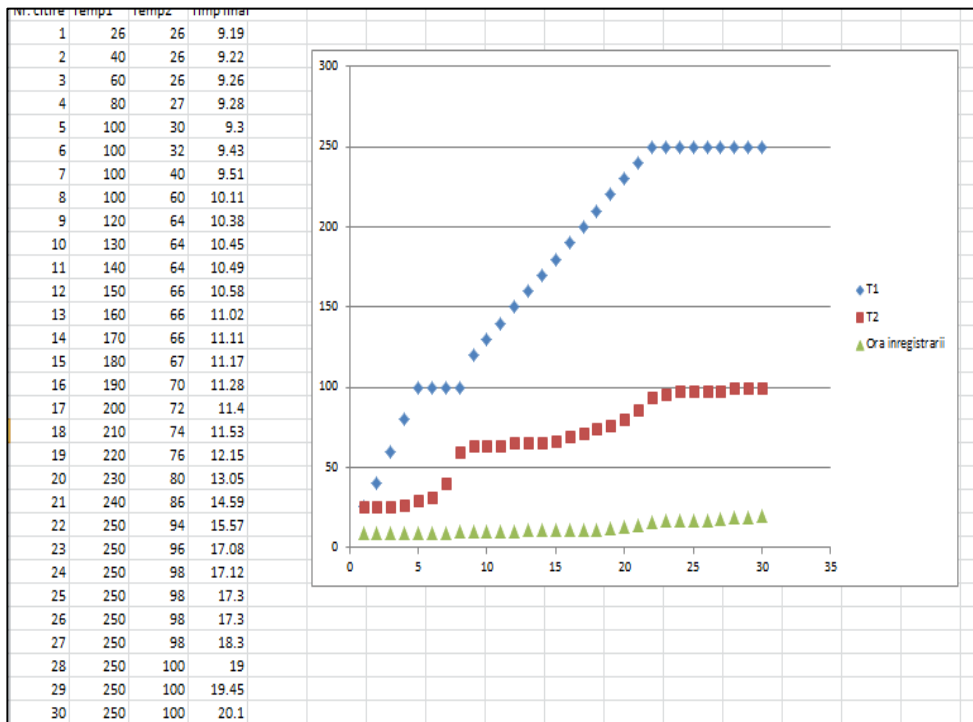


Figura 19 – Experiment 6 –Variația fluxului termic în nisipuri umede-Densitate ștei  $980 \text{ kg/m}^3$

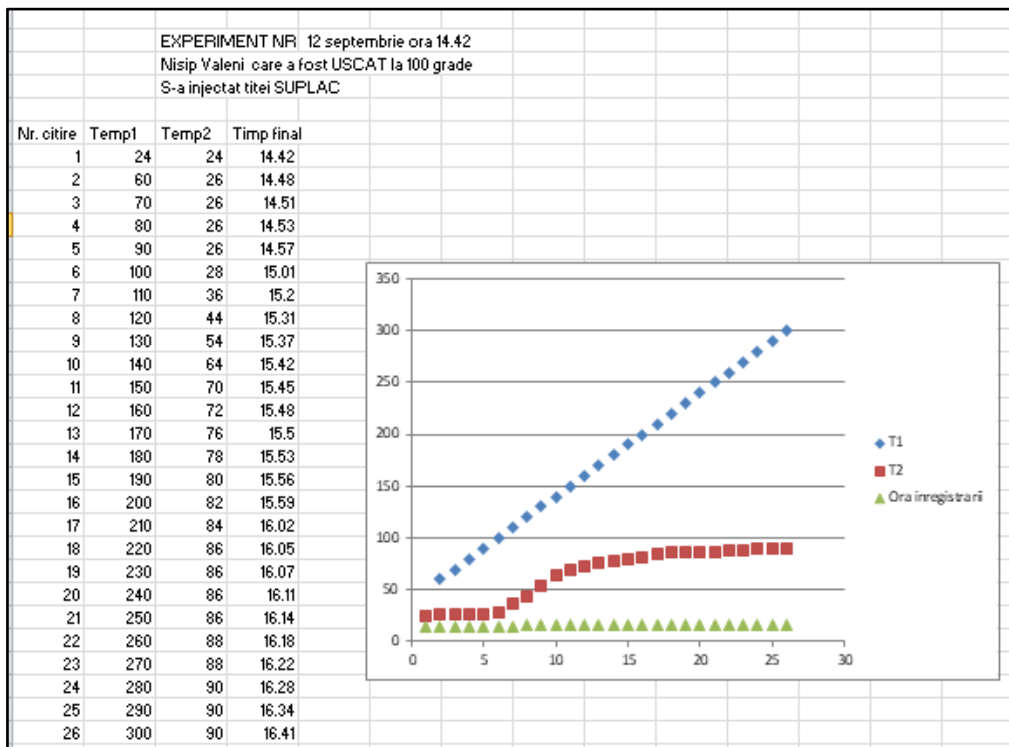


Figura 20 – Experiment 6 – Variația fluxului termic în nisipuri uscate -Densitate țitei 980 kg/m<sup>3</sup>

### Concluzii experiment 6- uscarea nisipului cuarțitic :

1. La folosirea nisipurilor cuarțitice umede in care a fost injectat țiteiul greu (980kg/m<sup>3</sup>) și apoi încălzit, se poate observa in transmiterea liniarăa fluxului termic un palier la temepeartura de 250 °C.
2. După uscarea nisipurilor cuarțitice, fluxul termic se transmite rapid, fără a se evidenția apariția unui palier.
3. Transmiterea fluxului termic liniar este influențat de prezența apei în rocă.

## CALCULELE MATEMATICE PRIVIND CONDUCTIVITATEA TERMICĂ

Solidele și fluidele care alcătuiesc un zăcământ de hidrocarburi reprezintă un mediu poros saturat cu fluide.

În regim permanent de conducție termică, un mediu poros saturat cu fluide poate fi asimilat cu un mediu continuu echivalent pentru care se poate defini *conductivitate termică*.

Valoarea totală a acestei mărimi depinde de conductivitatea termică a fiecărei faze, saturație, porozitate, direcția fluxului termic, parametrii termodinamici de stare presiune și temperatură. Dacă se admite că mediul poros saturat cu fluide este mediu izotrop, conductivitate termică este determinată scalar și anume conductivitatea termică echivalentă a zăcământului.[12], [13], [14]

Determinarea este relativ dificil de efectuat, dar se pot face estimări prin două căi :

- 1) Considerarea unui model idealizat format dintr-un solid și un fluid (considerate conductivitățile termice ale solidului și fluidului)
- 2) Exprimarea funcție de alte proprietăți ale zăcământului, mai ușor măsurabile (densitate, porozitate, permeabilitate).

Pornind de la aceste premise au fost propuse pentru calculul conductivității termice ale zăcământului, mai multe modele matematice care pot fi susținute de suficiente date. Modelul Krupiczka (care introduce suplimentar două constante discutabile ca valoare), propus inițial ca fiind reprezentativ a suferit modificări făcute de alți autori (Somerton și colab), special pentru roci neconsolidate, mergându-se până la idealizarea unui *model paralel*, în care se consideră fluxul termic paralel cu straturile.[20]

$$\lambda_t = \frac{0.134 - 6.31 \times 10^{-5} \times T}{\rho_t} \quad (1)$$

$$\lambda_f = s_g \times \lambda_g + s_t \times \lambda_t + s_a \times \lambda_a \quad (2)$$

$$\lambda_z = \phi \times \lambda_f + (1 - \phi) \times \lambda_s \quad (3)$$

$$s_g = 0 \longrightarrow \lambda_f = s_t \times \lambda_t + s_a \times \lambda_a \quad (4)$$

Autoarea și-a propus să determine variația conductivității termice a unui zăcământ idealizat, în funcție de conductivitatea termică a apei (urmărind astfel influența apei) , a

porozității și a densității țițeiurilor. ( valorile densității țițeiurilor utilizate în timpul experimentelor 0.80/0.85/0.91/0.98).

Au fost planificate și efectuate 3 seturi de calcule:

- Zăcământ cu o porozitate de 20% și saturație în apă 20% (setul 1)
- Zacamânt cu o porozitate de 30% și saturație în apă 30% (setul2)
- Zăcământ cu o porozitate de 40% și saturație în apă 40% (setul 3)

În formulele 1- 4, un a fost luată în considerare saturația în gaze ( $s_g=0$ ), iar pentru conductivitatea solidelor s-a utilizat valoarea de 2.1 W/mK, reprezentând conductivitatea termică a rocilor sedimentare. Astfel s-a demonstrat că pentru un fluid de zăcământ , alcătuit din gaze, țiței, apă conductivitatea termică se calculează ca o medie ponderată funcție de conductivitășile termice ale componenșilor și saturașiilor acestora.[13], [14]

Pentru conductivitatea termică a apei (determinată în literatura de specialitate) au fost folosite valorile din tabelul 5.2. Se poate observa că valoarea conductivității termice a apei, crește, iar după temperatura de 100<sup>0</sup>C începe să scadă din nou.

**Tabel 4** Valori ale conductivității apei

Temperatura ( <sup>0</sup> C)	$\lambda_a$
0	0.55
10	0.57
20	0.59
30	0.61
40	0.63
70	0.668
80	0.675
90	0.681
100	0.683
150	0.684
200	0.665
250	0.618
300	0.564



S-a urmărit influența apei în determinarea conductivității termice a zăcământului, pentru cele trei scenarii. Rezultatele matematice au fost prezentate grafic pentru fiecare set de date (figura 5.31), iar valorile controlate cu diagrama Krupiczka (figura 5.32).

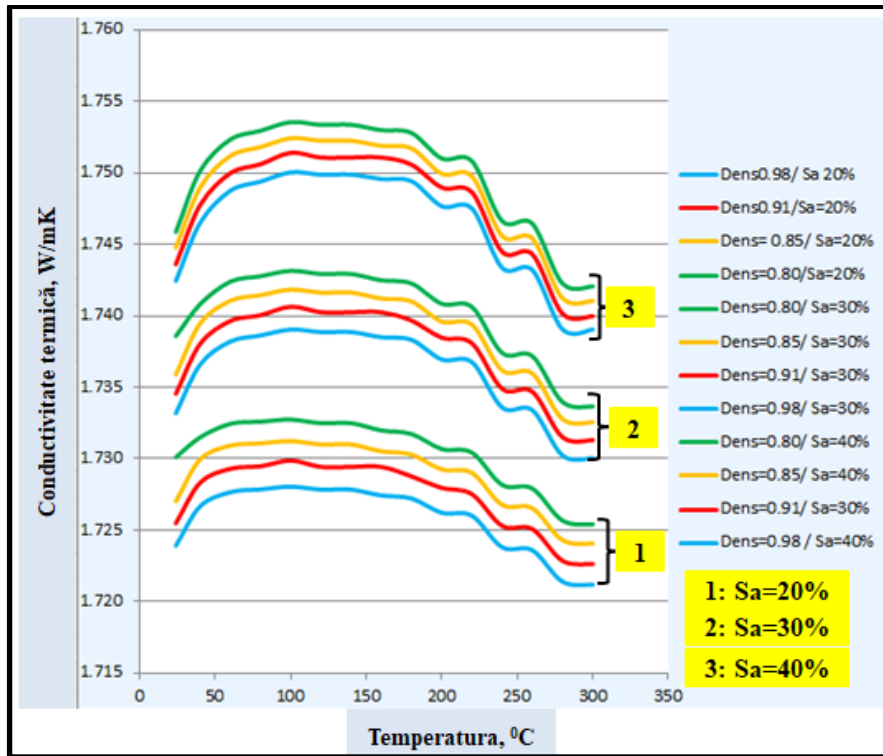


Figura 20—Variația conductivității termice a zăcământului funcție de densitate și saturația în apă

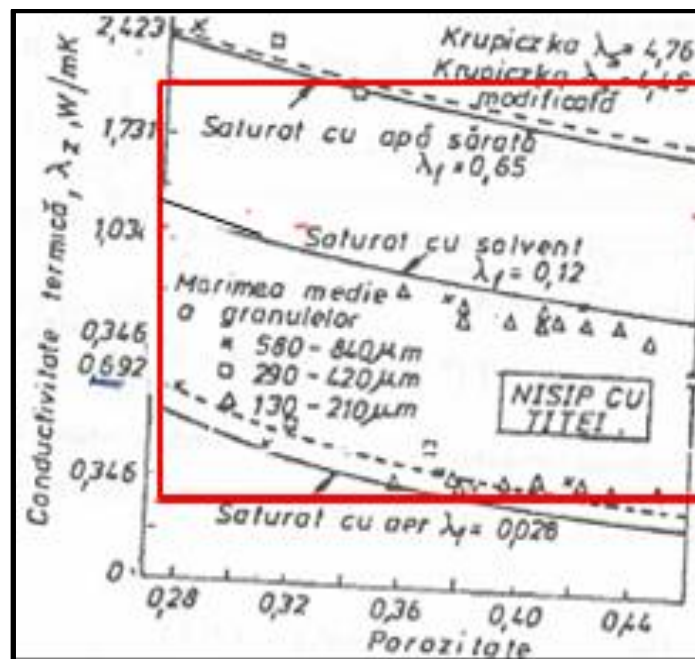


Figura 21 -Valori ale conductivității termice prin formula Krupiczka

## CONCLUZII

1. Simultan cu creșterea temperaturii scade conductivitatea termică a zăcământului.
2. Valorile obținute pentru conductivitatea termică a modelului creat se încadrează între 1.715 – 1.760 W/mK. Aceste rezultate sunt controlabile și acceptate prin diagrama Krupiczka.
3. A fost analizată și reprezentată prima dată influența apei în transferul liniar, pentru diferite saturații în apă (20%, 30%, 40%) la un zăcământ idealizat cu o porozitate de 20%.

## INOVAȚIA LUCRĂRII

Pornind de la definiția standard a cuvântului „inovație - 1) o noutate , o schimbare sau 2) rezolvarea unei probleme de tehnică sau de organizare a muncii cu scopul îmbunătățirii productivității”, lucrarea de față introduce elemente inovatoare atât din punct de vedere organizatoric cât și tehnice..

Autoarea a intenționat să dea atât o notă organizațională a tezei prin introducerea unor fluxuri pentru pregătirea și evaluarea modelelor geologice, dar și o inovație de proces prin analiza variației fluxului termic liniar prin minicelula termică.

## SEMNIFICAȚIA ȘI APLICAREA OBSERVAȚIILOR

Lucrarea vine în sprijinul celor interesați, ingineri de petrol, care doresc să își completeze cunoștințele atât despre ce înseamnă o bună planificare a timpului în construcția modelelor statice cât și rolul acestora la evaluarea viitoare privind aplicarea unui proces termic.

În cazul zăcămintelor unde se dorește aplicarea unui proces termic, echipa va trebui să analizeze proprietățile termice , în special conductivitatea termică a zăcământului, care este funcție de conductivitățile termice ale fiecărei faze.

Pentru zăcămintele ce urmează a fi supuse unui proces termic se recomandă a lua în calcul observațiile privind variația fluxului termic liniar în funcție de densitatea diferitelor tipuri de țevi, lucrarea exemplificând pentru țevi ușoare, medii și grele.

Un alt element de analizat în cazul aplicării viitoare a unui proces termic, privind transferul de căldură este acela dat de saturația în apă. Saturația și conductivitatea termică a fluidelor

influențează conductivitatea termică echivalentă a zăcământului. Creșterea saturației în lichid duce la creșterea conductivității termice a zăcământului.

Conductivitatea termică a rocilor sedimentare este mai mare decât a fluidelor care saturează porii rocilor. De aceea, la creșterea porozității, conductivitatea termică a zăcământului de petrol scade.

Creșterea temperaturii are ca urmare scăderea conductivității termice echivalente a zăcământului de petrol. Dacă se ating temperaturi de 250-300 °C, lichidele au fost deja expulzate din porii rocii, iar mediul solid suferă modificări prin deshidratarea argilelor care a drept consecință scăderea însemnată a conductivității termice.

Influența nivelului de temperatură atins în proces se corelează cu timpul în care zăcământul de petrol este supus procesului termic, dar și cu densitatea țiteiului. În laborator dacă temperaturile sunt crescute prea mult (mai mult de 300 °C) atunci termometrele s-ar fi fisurat, iar rezultatele nu ar mai fi fost concludente.

Dintre modelele idealizate, pentru care este necesară cunoașterea conductivității termice a fazelor, modelul Krupiczka este recomandabil pentru roca saturată cu țitei sau țitei cu apă.

În calculele efectuate, aplicând modelul idealizat sau relații empirice, s-au folosit date privind zăcămintele din România: țiteiuri de la structurile Blejești, Bustuchini, Suplac de Barcău, precum și nisipuri cuarțitice de Văleni (Prahova) / nisipuri bituminoase Derna (Bihor). Dacă se va dori aplicarea unor procese termice pentru alte zăcăminte din România cu proprietăți similare acestora menționate mai sus, cercetările efectuate în lucrare permit enunțarea unor considerente privind calculul conductivității termice în mod similar.

**BIBLIOGRAFIE**

1. **Albu, M.**, *Termodinamica crustei Terestre*, Editura Tehnica Bucuresti, 1984
2. **Anastasiu, N.**, *Diageneza rezervoarelor de hidrocarburi*, Editura Ars București, 2002.
3. **Asquith, G., Krigowski, D.** - *Basic Well log analysis*
4. **Avramescu, A., Cartianu, P.**-*Energetica mondiala in perspectiva sfarsitului de mileniu*, Ed. Academiei RSR, Bucuresti, 1985
5. **Beca, C., Prodan, D.**, *Geologia zacamintelor de hidrocarburi*, Editura Didactica și Pedagogica, București, 1983
6. **Baker, S., Baker, K, Campbell, G.M.** *Project Management, Third edition, ALPHA, USA, 2003.*
7. **Bardossy G., Fodor J.**, *Uncertainties and Risks in geological activities and new ways of their handling*, Hungarian Academy of Sciences, Budapest
8. **Bancila I.**, *Geologia Carpaților Orientali*, Editura Științifică 1958
9. **Bradley, H.B.** *Petroleum Engineering Handbook, Society of Petroleum Engineers*
10. **Bernard, H.A., Parrot, B.S.**-*The role of environments concepts in subsurface geology, proc. prod.geol. Conf, Shell TS, Houston, January 1958*
11. **Bianco, F., Verdeja, L.F.**, *Methods for measuring thermal conductivity ( De mutat la B)*
12. **Cârcoană, A.N.**-*Enhanced Oil recovery in Romania, Paper SPE, 10699, Enhanced Oil recovery Symposium, 4-7 April, Tulsa, Oklahoma*
13. **Cârcoană, A.N, Aldea, Ghe.**-*Mărirea factorului de recuperare la zăcămintele de hidrocarburi*
14. **Cernea, A.R., Dobrinescu, D., Făgărășanu, I., Covaci, A.**- *Termotehnica, București, Editura didactică și Pedagogică, 1969*
15. **Corbett, P.W., Hamdi, H and Gurav, H**, *Layered fluvial reservoirs with internal fluid cross flow: a well connected family of well test pressure transient responses, Petroleum geosciences, 2012*
16. **Coroian-Stoicescu, C.** *Bazele managementului. Editura Universității din Ploiești, 2003*
17. **Crețu, I.**, *Hidraulica zăcămintelor de hidrocarburi, Vol 1&2, editura Tehnică, București*

18. **Cristescu, T.**, *Termodinamica zacamintelor de hidrocarburi, Note de curs*
19. **Cristescu, T.**, *Proprietăți termice ale zacamintelor de hidrocarburi, Editura Universității Petrol-Gaze Ploiesti*
20. **Cristescu, T.**, *Termotehnica, Editura Universității Petrol- Gaze, Ploiești, 2009*
21. **Cristescu, T.**, *Transformările mediului solid poros, fisurat, permeabil,*
22. **Cristescu, T.**, *Variația presiunii cu temperatura într-un zăcământ de petrol exploatat prin metode termice, Colocviul național de mecanica fluidelor și aplicațiile ei tehnice, Ploiești, 24-25 Noiembrie, 1995*
23. **Cristescu, T.** *Considerații energetice privind extracția țițeiului prin metode termice, Simpozionul național, Noutăți și perspective în foraj –extracție Ploiești*
24. **Cristescu, T. Osnea, Al., Marcu, N.**, *Aspecte privind calculul fluxului termic disipat la injecția aburului într-un zăcământ de petrol, Revista Termotehnica, nr.1, Anul II, Editura tehnică, București, 1994*
25. **Dicea, O., Ionescu, N, Morariu D.**, *Cadrul geologic de formare a acumulărilor de petrol și gaze în principalele bazine sedimentare din România, Buletin tehnico-științific, vol XXI, nr 1, prospecțiuni S:A București*
26. **Dinu, C., Matenco, L., Diaconescu, V., Munteanu, I.** *Analiza bazinelor sedimentare*
27. **Dobrinescu, D.**, *Procese calorice, Institutul de Petrol și Gaze Ploiești, vol I-1980, vol 2-1983*
28. **Dumitrescu, I., Săndulescu, M.**, *Probleme structurale ale Carpaților românești și ale vorlandului lor, Anuarul Comitetului geologic, vol XXXVI București*
29. **Drăgulescu, R, Ioachimciuc, R., Constantinescu, ST.** *-Extracția țițeiului*
30. **Enhanced Oil recovery , Field Planning and Development Strategies, ediția 1**
31. **Feynman, R.**, *The Character of Physical Law, MIT Pres, Cambidge, 1967*
32. **Fossen, H.**, *Structural geology*
33. **Frunzescu, D.**, *Geologie general și stratigrafică (Curs ID), Editura Universității din Ploiești*
34. **Frunzescu, D., Brănoiu, Ghe.**, *Geologie generală aplicată în foraj extracție, Editura Universității Ploiești*
35. **Frunzescu, D.**, *Noțiuni de sedimentologie, Editura Premier, Ploiești*

**36. FSS-Geostatistics for Petroleum Reservoir Characterization**

**37. Gates, CF, Sklar, D.** – *Combustion- A primary recovery process –Midway Sunset field, California, SPEJ, nr 3045, 1970*

**38. Gavaț, I.**, *Geologia petrolului și a gazelor naturale, Editura Didactica și Pedagogica, București, 1964.*

**39. Goran, N., Ionescu F.G** *Cresterea recuperarii petrolului, Editura Universitatii Ploiesti, 2003*

**40. Gomes, Jorge,** *Reservoir Characterisation, Integrated Graduate Development 2017*

**41. Griffith, C.** *Prelucrarea datelor experimentale, Traducere din limba engleza*

**42. Hayet. A. 420164** - *Enhanced Oil recovery, Ecole du Petrol et des Moteurs Reservoir Geoscience and Engineering, June 2005*

**43. Heisenberg, W.,** *PhysicSandBeyond: Encounter sand Conversations, Harper & Row, New York, 19*

**44. Heron Gachez Muro, Sohrabi, M.,** *Smart water Injection for Heavy Oil from Naturally Fractures Reservoirs*

**45. Hong, K. C.,** *Steamflood Reservoir Management – Thermal Enhanced Oil Recovery*

**46. Hubbert, M. K.** *Entrapment of etroleum under hydrodynamic conditions, AAPG bulletin*

**47. Ilie, N.** - *Metodologie priivnd pregătirea și efectuarea operațiilor de inițiere a combustiei și fluidizarea țițeiului în gaura de sondă, tema ICPT Cămpina, 2003*

**48. Ionescu, E. M.,** *Metode Termice de recuperare, Note de curs, Master I.Z.*

**49. Ionescu, E., M. Stoicescu, M., Albulescu, M. A.** *Metode termice de recuperare a petrolului, Editura Elapsis Ploiești, 1998*

**50. Ionescu, M., Frunzescu, D.,** *Petrografie, Indrumar de lucrari practice, Editura Universitații Petrol-Gaze, Ploiesti, 1984*

**51. Ionescu (Goidescu) N,** *''Modelul geologic 3D într-un complex startigrafic complex'' Exemplu: Zacământul X, România/*

**52. Ionescu (Goidescu) N.** *''The role of 3D seismic interpretation for building structural model – case study in the muntenia oil field (Romania)''*

**53. Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela, Cristescu Tudora, Eugen Vasiliu** – *An approach for atic oil concept of brown field from Romania*

- 54. Ionescu (Goidescu) N.** *''Prezența incertitudinilor în simularea rezervoarelor, studiu de caz zăcămintul X din Malaezia''*
- 55. Carmen-Matilda Marinescu (Badica); Cristescu Tudora; Silvian Suditu; Monica Emanuela Stoica; Badica Marius-Nicolae; Georgescu (Jugastreanu) Cristina Venera Maria, Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**  
*''Removal of crude oil from the water in order to reinject it into wells by heating''UPG Ploiesti*
- 56. Jevon S, W. S.**, *The Principles of Science, Dover Publications, New York, 1958.*
- 57. Jordan, D. W. and Pryor, W. A.**, *Hierarchical levels of heterogeneity in a Mississippi River meander belt and application to reservoir systems: Geologic note, AAPG Bulletin, 76, 1992*
- 58. K. J. Weber** *How heterogeneity affects oil recovery. Reservoir Characterization Orlando, Academic Press*
- 59. K. J. Weber van Geuns** , *LC, 1990. Framework for constructing clastic reservoir simulation models. Journal of Petroleum Technology, 1248-1253*
- 60. Macarovici, D.**- *Reacții chimice în stare solidă, Ed tehnică, București, 1985*
- 61. Machedon, V.**-*Metodologia proiectării procesului de injecție de abur și combustie subterană, ICPT Câmpina, 1993*
- 62. Malureanu, I., Neagu, A** , *Investigații geofizice ale sondelor de hidrocarburi în timp real, partea I, Metode electrice Editura Universității din Ploiești, 2001.*
- 63. Miall, A. D.** *The geology of fluvial Deposits: Sedimentary Facies Basin Analysis and Petroleum Geology, Springer –Verlag, New York*
- 64. Milcoveanu, D.** *Geotermia și Petrolul, Editura Facla, Timișoara, 1984*
- 65. Mokhelmer, E., Hamdy M.**, *A comprehensive review of thermal enhanced oil recovery evaluation*
- 66. Monicard , R. P.** *Properties of reservoir rocks core analysis, Editions Technip, 1980*
- 67. Neacșu, S.**, *Termotehnica și mașini termice, Editura Printeh, București, 2009*
- 68. Niculescu, N., Pușcoiu, N.**-*Exploatarea secundară a zăcămintelor de țiței, Ed. Tehnică, București, 1972*
- 69. Nistor, I.**, *Proiectarea exploatarea zăcămintelor de hidrocarburi*

- 70.Oloo, M., Xie Cangjio,** *A method to integrate geological Knowledge in variogram Modelling of Facies, A case study of a fluvial Deltaic Reservoir, International Journal of geosciences,9*
- 71.Panait-Patică, A.,Șerban, D.,Ilie,N.** –*Suplacul de Barcău514943-A case study of a successful In-situ Combustion exploitation, Paper SPE 100346 presented at the SPE Europe/EAGE Annual Conference and Exhibition Vienna, Austria, 12-15 iunie*
- 72.Paraschiv, D. (1975),***Geologia zacamintelor de hidrocarburi din România, Studiu Tehnic și economic – I.G.G. Seria Nr. 10.*
- 73.Petrescu, S.,Petrescu,V.,***Principiile termodinamicii, București Editura Tehnică 1983*
- 74.Preda, D. M., 1925,***Geologia și tectonica părții de răsărit a județului Prahova, Anuarul Institutului Geologic al României,vol X București*
- 75.Rider,M.,** *The geological interpretation of well logs, Second edition*
- 76. Roland N.Horne,** *The future of Oil, Energy Resources Engineering, Standford University*
- 77.Sadeanu, E.I.,** *Aplicarea și urmarirea proceselor de creștere a factorului de recuperare a petrolului din zacaminte, Editura didactica si pedagogica București,1984*
- 78.Sajad, M.,Ehsani, M.R,** *Heat and Mass transfer modelling in wellbore during steam injection, [www.researchgate.net/publication/267786037](http://www.researchgate.net/publication/267786037)*
- 79.Sandulescu, M., Micu, M., Popescu,B.,***La Structure eT la paléogéographie des formations miocenes deSubcarpathes Moldaves, Proc. XI Congress Association Géologique Carpatho-Balkanique, p. 184–197, Kiev, 1980.*
- 80. Robertson, E.,** *Thermal properties of rocks, Inited States Department of the interior geological Survey*
- 81.Satter, A., Thakur,G.** *Integrated petroleum reservoir, Pennwell Books, Tulsa, Oklahoma, 199426\*\*\*\*\**
- 82. Satter,A., J.E.varnon, and M:T Hoang,** *Reservoir Management –Technical perspective, paper 22350 SPE international meeting, Beijing, China 24-27March, 1992*
- 83.Sădeanu, E. I –** *Aplicarea și urmărirea proceselor de creștere a factorului de recuperare a petrolului din zăcăminte, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1991.*
- 84.Seyed A.R, Solomon A. M,** *The influence of steam injection for Enhanced Oil Recovery on the quality of crude oil*
- 85.Smith, C.R.-***Mechanics of Secondary Oil recovery, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1966*



- 86. Soare, Al., Pârcălăbescu, I., Popa, C.** *Ingineria zăcămintelor de hidrocarburi, vol2, București, Editura Tehnică, 1981*
- 87. Soare, Al., Bratu, C.** *Cercetarea hidrodinamică a zăcămintelor de hidrocarburi, București, editura Tehnică, 1987*
- 88. Somerton, W.H., Keese, J.A.** *Thermal behaviour of unconsolidated oil sands, SPEJ, Oct 1974*
- 89. Speight, J.** *Enhanced Recovery Methods for heavy oil and Tar Sands*
- 90. Ștefănescu, D., Martinescu, M.** *Termotehnica, București, Editura Didactică și pedagogică, 1983*
- 91. Surguchev, M.I.** *recovery of hydrocarbon from oilSands and Oil Shales by minning, , CMP, Londra 1983*
- 92. Thomas, G.W** *80., The role of reservoir simulation in Optimal reservoir management, paper 14129, SPR International Meeting on Petroleum Engineering, Beijing China, March 17-20, 1986*
- 93. Trochim, W. M.** *Experimental Design. The Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition, AtomicDog Publishing, 2001.*
- 94. Trașcă, N.** *Creșterea eficienței procesului de combustie subterană prin injecție de apă în zona arsă, Mine, Petrol și Gaze, nr 11.1985*
- 95. Trașcă, N.** *Situația aplicării procesului de combustie subterană la exploatarea zăcămintelor de țiței din România, SC prospecțiuni, București, Buletin tehnico Științific, nr4, 1991*
- 96. Trașcă, N. Goidescu(Ionescu), N.M., Simionescu, M.** *Applications of Secondary and tertiary recovery methods of Oil and perspective in Romania.*
- 97. Trube, A.S.** *Compressibility of unsaturated hydrocarbon reservoir fluids, Trans AIME, vol 2*
- 98. Turtă, Al. și alții** – *Combustia subterană, Monografie ICPT, Câmpina 1988*
- 99. Tyler, N. Finley, R.J.** *Architectural controls on the recovery of hydrocarbons from sandstones reservoirs : Concepts in Sedimentology and Paleontology, 1991*
- 100. Veliciu, S.** *Contribuții la prospecțiunea geotermică a apelor termale, București, 1989*
- 101. Vernescu, Al.** *Mecanica zăcămintelor petrolifere, Editura Tehnică, București 1966 de*

**102. Ward, C.E., Ward, G.D** – *Heavy oil from Kentucky Tar Sand using a wet combustion Process, JPT, Noiembrie 1985*

**103. Wayne, M. A.,** *Geology Carbonate reservoirs*

**104. Woodside, W., Messmer, J.H,** Thermal conductivity of porous media, Unconsolidated sands, Appl, Phys, vol 32, nr.9, 1961

**105. Yuzhang, L.-** *Using up-to date methods and technologies in mature fields to maximize production and reduce cost*

**106. Zhu, Z., Gerriten, M.G., Thiele M.R-** *Thermal Streamline Simulation for hot Waterflooding*

**107. Zerkalov Georgy,** *Steam injection for Enhanced oil recovery, Course work for PH240, Stanford University, 2015*

\*\*\* *Manualul inginerului termotehnician, Editura Tehnică București*

\*\*\* *Manualul inginerului de mine, Editura Tehnică, 1951*

#### **SITE-URI CONSULTATE**

*An Introduction to Project Management* - [www.projectSmArT.co.uk/Skills.html](http://www.projectSmArT.co.uk/Skills.html)

<https://www.researchgate.net> › Education › Educational Technology

<https://www.researchgate.net> › Education › Educational Technology

<https://careers.Slb.com> › Student Sand Recent Graduates › Geoscience And Petro Technical

[https://en.wikipedia.org/wiki/Heat\\_of\\_combustion](https://en.wikipedia.org/wiki/Heat_of_combustion)

**LISTĂ DE LUCRĂRI PUBLICATE**

**Doctorand, Ing. Nicoleta Mihaela Ionescu (Goidescu)**

**Facultate INGINERIA PETROLULUI ȘI GAZELOR**

**Departament Geologie Petrolieră și Inginerie de zăcământ**

**Universitatea Petrol – Gaze Ploiești**

**INTERNAȚIONAL**

**1.**Naqzatul Shima Hashim, Bhargava Ram Oruganti, Hugh Gordon Yeomans, Nur Zatil Hulwan Redzual, **Ionescu(Goidescu) Nicoleta Mihaela**, „ *Challenges in Capturing Reservoir heterogeneity in a 3D Static model – A case Study inField A*”, Malay Basin, IPTC Conference , Kuala Lumpur , Malaezia 2014

**2.Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, Cristescu Tudora, „ *The three dimensional 3D geological model in a complex stratigraphic structure Example : filed X, Moesian Platform* “, 18<sup>th</sup>International Multidisciplinary Scientific geoconference, SGEM 2018 Viena, Austria

**3.Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**,Cristescu Tudora, Brănoiu Gheorghe, Marinescu (Bădică) Carmen-Matilda, Bădică Marius Nicolae, „*The role of 3D seismic interpretation for building structural model – case study in the Muntenia oil field (Romania)*” Geolinks International Conference on GeoSciences 2019 Atena Grecia

**4.** Bădică Marius Nicolae, carmen Matilda marinescu (Bădică), **Ionescu (Goidescu ) Nicoleta Mihaela**, „ *Analysis with finite element , mef, seismic action for air conditions for natural gas transport*” 610<sup>th</sup> International Russian Federation Conference on engineering and Natural Science (ICENS) , 2019 Moscova, Federația Rusă, <http://theires.org/Conference2019/RussianFederation/1/ICENS/>

**5.**Brănoiu Gheorghe, Frunzescu Dumitru, Nistor Iulian, **Ionescu (Goidescu ) Nicoleta Mihaela**, Lungu Ionuț, „ *On some chemico-mineralogical characteristics of the reservoir rocks in the Moreni field (CarpathianForedeep, Romania)*, 18<sup>th</sup>International Multidisciplinary Scientific geoconference, SGEM 2019 Bulgaria

**6. Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, Marinescu (Bădică) Carmen Matilda, Cristescu Tudora, Brănoiu Gheorghe, „*The play of reservoir characterization in the field development plan-X field Romania*” 19<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019

**7. Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, Cristescu Tudora, „*The role of reservoir characterization in the filed development plan, case study on the oil field Romania*”, 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific geoconference, SGEM 2019 Bulgaria

**8. Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, Carmen-Matilda Bădică (Marinescu), Cristina Maria Venera Georgescu (Jugăstreanu), Tudora Cristescu, „*An approach for atic oil concept on brown field from Romania*” 19<sup>th</sup> 18<sup>th</sup> International Multidisciplinary Scientific geoconference, SGEM 2019 Bulgaria

**9. Carmen Matilda Marinescu (Bădică)**, Marius Nicolae Bădică, Tudora Cristescu, **Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, Georgescu (Jugăstreanu) Cristina Venera Maria, „*Treatment of water resulting from oil exploitation by flocculation – CaseStudy*”, SGEM 2019 Bulgaria

**10. Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, Eugen Viorel Vasiliu, Ion Onuțu „*The variation of temperature of different oil reservoir densities exploited by thermal methods*”, GeolinksConference2020

#### NATIONAL

**1. Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, „*The integration of geological data in static model for a complex structure- X filed Romania*”, The Exploration & Exploitation oil and gas reservoir present and perspectives, UPG Ploiesti Noiembrie 2018

**2. Bădică Marius Nicolae**, Carmen Matilda Marinescu (Bădică), **Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela**, „*Methodology for the analysis of industrial risks which indicate dangerous substances*”, International Scientific Conference Oil & Gas Reservoir Exploration and Exploitation, Present and perspectives”, UPG Ploiești 2018

**3. Nicolae Trașcă**, Mihai Simionescu, **Ionescu (Goidescu) Nicoleta Mihaela** „*Application of secondary and tertiary recovery methods of oil in Romania*”, Hydrocarbon Increasing Recovery Efficiency in the Mature Fields, Methods & technology for Cooperation, WPC Expert Workshop București 2019

## DESPRE AUTOARE

### SUMAR

Expert geolog (OMV PETROM și EXPERT ANRM) cu înaltă pregătire profesională, cu o experiență de 23 ani în industria de petrol națională (19 ani) și internațională (4 Ani Malaezia).

O fire dinamică, proactivă, un „hard-worker” care poate îndeplini sarcinile atribuite cu responsabilitate și succes.

### EDUCAȚIE:

#### Studii Doctorale

2017- 2020

Universitatea de Petrol si Gaze, Ploiesti, Prahova  
Domeniul fundamental – Științe Inginerești  
Domeniul de Doctorat – Mine, Petrol, Gaze

#### Studii Aprofundate – MSc

1996- 1997

Universitatea de Petrol si Gaze, Ploiesti, Prahova  
Facultatea Forajul Sondelor si Exploatarea Zacamintelor  
Specializare: Inginerie de Zacamant

#### Diploma de Licenta – BSc

1991 - 1996

Universitatea de Petrol si Gaze, Ploiesti, Prahova  
Facultatea Forajul Sondelor si Exploatarea Zacamintelor  
Specializare: Geologie petrolieră

### PRINCIPALELE ABILITĂȚI TEHNICE:

- Analiza profilelor seismice și încorporarea lor modelele geologice.
- Elaborarea modelelor statice 3D în cadrul desfășurării studiilor de fezabilitate
- Proiectare și urmărire sonde noi (well revie board) , în cadrul departamentului E&P
- Îndrumător tehnic geologie pentru juniori : OMV Petrom și Petronas Malaezia
- Colaborare cu Petroleum Geoscience Department Petronas în editarea procedurilor de executare a studiilor de fezabilitate
- Conceperea, pregătirea și avizarea studiilor către ANRM- expert ANRM.
- Expert 3D Soft Petrel (Schlumberger)
- Expert utilizator MMS Pachet, Word, Excel, Power Point

## **EXPERIENȚA PROFESIONALĂ**

**2017- 2020 OMV PETROM – DEPARTAMENTUL DEZVOLTARE REZERVOR –**  
Expert geolog – Zăcământul TINTEA – BAICOI-FLORESTI (SECTORUL  
BAICOI+FLORESTI)

**2013 – 2017 PETRONAS MALAEZIA –** Senior geolog DEPARTAMENTUL  
GEOSTIINTE

**2009 – 2013 OMV PETROM – DEPARTAMENTUL DEZVOLTARE REZERVOR –**  
BIROUL URMARIRE SONDE\_ RESPONSABIL ZONA VIDELE (ASSET 4+ 5)

**2005- 2009 PETROM PLOIESTI -** Inginer Geolog Senior – DEPARATMENTUL  
REZERVOR - BIROUL INECȚIE DE APA

**1996-2005 ICPT CÂMPINA- DIVIZIA EXPLOATARE** participare directă la întocmirea  
studiilor de fezabilitate

## **ASOCIATII PROFESIONALE**

SPE , ROMÂNIA

## **INFORMAȚII PERSONALE :**

Data nașterii, *7 Noiembrie 1970*

Stare civilă, *Căsătorită, Ibăiat*

Naționalitate, *Română*

*Conducător auto*

Telefon *0722659056*

Email : *nicogoidescu@yahoo.com*